

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類7 G02B 17/00	A1	(11) 国際公開番号 WO00/48033
		(43) 国際公開日 2000年8月17日(17.08.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP00/00728		(74) 代理人 池内寛幸, 外(IKEUCHI, Hiroyuki et al.) 〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満4丁目3番25号 梅田プラザビル401号室 Osaka, (JP)
(22) 国際出願日 2000年2月9日(09.02.00)		(81) 指定国 AU, CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)
(30) 優先権データ 特願平11/32881 1999年2月10日(10.02.99) 特願平11/128493 1999年5月10日(10.05.99) 特願平11/297123 1999年10月19日(19.10.99)	JP JP JP	(添付公開書類 国際調査報告書 請求の範囲の補正の期限前の公開; 補正書受領の際には再公開される。)
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP] 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP)		
(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 吉川智延(YOSHIKAWA, Motonobu)[JP/JP] 〒546-0013 大阪府大阪市東住吉区湯里1丁目7-9 Osaka, (JP) 山本義春(YAMAMOTO, Yoshiharu)[JP/JP] 〒560-0056 大阪府豊中市宮山町2-20-23 Osaka, (JP)		
(54) Title: REFLECTION OPTICAL DEVICE, REFLECTION SOLID-STATE OPTICAL DEVICE, IMAGING DEVICE COMPRISING THIS, MULTIWAVELENGTH IMAGING DEVICE, VIDEO CAMERA, AND MONITORING DEVICE MOUNTED ON VEHICLE		
(54) 発明の名称 反射型光学装置と反射型固体光学装置及びこれを用いた撮像装置とマルチ波長撮像装置とビデオカメラ装置と車載用監視装置		
(57) Abstract First and second reflecting faces (2, 3) adapted for forming an image of an object on an image plane (4) and having non-axially symmetrical shape are arranged eccentrically to each other in order in the direction of the travel of light from the object. The cross sections of the first and second reflecting faces (2, 3) cut by a plane including the center of the image plane (4) and the vertexes of the reflecting faces (2, 3) are concave. Therefore, light from the object is guided to the image plane (4) without being blocked, and the image is good, thus providing a wide-angle, high-performance reflection optical device.		

(57)要約

物体からの光束を像面（4）に結像する2面の非軸対称形状の反射面が、光束進行方向に沿って第1の反射面（2）、第2の反射面（3）の順に配置され、第1の反射面（2）と第2の反射面（3）とが偏芯して配置され、像面（4）の中心と各反射面（2、3）の各頂点とを含む平面で切った断面形状は、第1の反射面（2）及び第2の反射面（3）のそれぞれが凹形状である。このことにより、光束を遮ることなく像面まで導き、良好に結像することができ、広角、高性能な反射型光学装置を実現できる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スータン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FIR	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴー
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドバ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア 共和国	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサオ	ML	マリ	TT	トリニダッド・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	MN	モンゴル	TZ	タンザニア
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CG	コンゴー	ID	インドネシア	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MX	メキシコ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MZ	モザンビーク	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CN	中国	IS	イスララン	NL	オランダ	YU	ユーゴースラヴィア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KR	北朝鮮 韓国	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク						

明 細 書

反射型光学装置と反射型固体光学装置及びこれを用いた撮像装置とマルチ波長撮像装置とビデオカメラ装置と車載用監視装置

技術分野

5 本発明は、反射面を用いた光学系及び撮像装置に関し、特に赤外線による撮像装置に関する。

背景技術

近年、反射型光学装置は主に、赤外線の検出、撮像を目的として研究
10 されている。特に光束を途中の反射面で遮られずに有効に結像させるよう、各反射面を偏芯して配置した光学装置が特許公報 2,763,055号、2,598,501号、2,716,933号等において種々提案されている。また、赤外線用途ではないが反射面の形状を自由曲面とした反射型光学装置としては、特開平8-292371号公報に記載の
15 装置などが提案されている。

また、可視域の画像情報を撮像するための結像光学系として、光学ガラスをレンズとして用いた屈折光学系が用いられてきた。特開平11-14906号公報には、複数の反射面を透明体である光学媒質の外部に設けた構成の光学装置が提案されている。

一方、赤外線を利用して熱画像を撮像する光学装置は、赤外域の波長を扱うため、レンズに用いられる材料はゲルマニウム、シリコン、及び ZnSe 等から選ばれる材料が用いられてきた。特開平10-339842号公報には、ゲルマニウムと ZnSe とで形成されたレンズを有する光学装置が提案されている。特開平1-88414号公報には、ゲル

マニウムとシリコンとで形成されたレンズを有する光学装置が提案されている。

これに対して、反射光学系は、反射面の材料を適当に選択することにより可視域から赤外域までを結像できる等の特徴がある。特開平10-5 206986号公報には、主鏡と副鏡の2つの反射面の共軸反射光学系にリレーレンズを加えた光学装置が提案されている。

しかしながら、前記のような従来の各反射面を偏芯して配置した光学装置では、いずれも明るさ、解像力、ディストーション、画角等の光学仕様が実用レベルに達していないという問題点を有していた。

10 また、前記のような従来の可視域の画像情報を撮像する光学装置では、可視域の画像情報を撮像する場合、屈折光学系では多数個のレンズが必要となり高価であった。また、透明体である光学媒質の外部に反射面を設けた光学装置では、部品点数は削減されるが価格低減は十分ではなかった。

15 一方、赤外線を利用して熱画像を撮像する光学装置に屈折光学系を用いた場合は、高価であり、場合によっては毒性を有するゲルマニウムやZnSeのような材料を用いていた。反射光学系では、特殊な材料を用いることなく比較的大口径比の光学系を構成できるが、反射面自身による光束の遮蔽が発生し易く、小さな画角の光学装置しか得られないという問題があった。

発明の開示

本発明は前記のような従来の問題を解決するものであり、広角化を実現し、光学性能を向上し、小型化と低コストとを両立させた反射型光学装置と反射型固体光学装置及びこれを用いた撮像装置とビデオカメラ装置と車載用監視装置を提供することを目的とする。

前記目的を解決するために、本発明の第1番目の反射型光学装置は、物体からの光束を像面に結像する2面の非軸対称形状の反射面が、光束進行方向に沿って第1の反射面、第2の反射面の順に配置され、前記第1の反射面と前記第2の反射面とが偏芯して配置され、前記像面の中心と前記各反射面の各頂点とを含む平面で切った断面形状は、前記第1及び第2の反射面のそれぞれが凹形状であることを特徴とする。前記のような反射型光学装置によれば、非軸対称形状の反射面を2枚偏芯して配置したので、光束を遮ることなく像面まで導き、良好に結像することができ、広角、高性能な反射型光学装置を実現できる。

10 前記第1番目の反射型光学装置においては、前記第1の反射面と物体との間に光束を制限する絞りが配置されていることが好ましい。

また、前記絞りの中心と前記第1の反射面の頂点との間隔をd1、前記像面の中心と前記第1及び第2の反射面の各頂点とを含む平面内における焦点距離をefyとすると、

$$15 \quad 0.3 < d1 / efy < 1.5$$

の関係を満足することが好ましい。前記のような関係式の範囲内であれば、収差の発生を抑えることができ、光学性能の劣化を防止できる。

また、前記第1の反射面の頂点と前記第2の反射面の頂点との間隔をd2、前記像面の中心と前記第1及び第2の反射面の各頂点とを含む平面内における焦点距離をefyとすると、

$$1.0 < d2 / efy < 4.0$$

の関係を満足することが好ましい。前記のような関係式の範囲内であれば、収差の発生を抑えることができ、光学性能の劣化を防止できる。

また、前記像面の中心と前記第1及び第2の反射面の各頂点とを含む平面に垂直な方向における前記第1の反射面の断面形状は、凹形状であることが好ましい。

また、前記像面の中心と前記第1及び第2の反射面の各頂点とを含む平面に垂直な方向における前記第2の反射面の断面形状は、凹形状であることが好ましい。

また、前記第1及び第2の反射面の形状は、回転中心軸を持たない自由曲面であることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、設計自由度が増え、より広角化、光学性能の向上を実現することができる。

また、前記自由曲面は、頂点を原点とし、前記像面の中心と反射面の各頂点とを含む平面に垂直な方向をX、前記平面に含まれ頂点における接線方向をYとする直交座標系(X, Y)において関数 $f(X, Y)$ で定義され、各Y座標におけるX方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である湾曲軸Yトーリック面、又は各X座標におけるY方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である湾曲軸Xトーリック面であることが好ましい。

また、前記第1の反射面の形状は、頂点を含むY方向断面形状が頂点における法線に関して非対称であり、X方向断面の曲率中心を結んだ曲線が法線に関して非対称である湾曲軸Yトーリック面又は湾曲軸Xトーリック面であることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、さらに性能向上を図ることができる。

また、前記第2の反射面形状は、頂点を含むY方向断面形状が頂点における法線に関して非対称であり、X方向断面の曲率中心を結んだ曲線が法線に関して非対称である湾曲軸Yトーリック面又は湾曲軸Xトーリック面であることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、さらに性能向上を図ることができる。

次に、本発明の第2番目の反射型光学装置は、物体からの光束を像面に結像する少なくとも3面の反射面を有し、前記各反射面は偏芯して配

置され、前記各反射面の各頂点を含む平面内におけるF値が3.5より小さく、かつ前記各反射面のうち前記物体側の2面を前記物体側から光束進行方向に沿って順に、第1の反射面、第2の反射面とすると、前記平面で切った断面形状は、前記第1及び第2の反射面のそれぞれが凹形状であることを特徴とする。前記のような反射型光学装置によれば、2枚構成と比較して光学性能の向上を図ることができ、高解像度、高感度が要求されるシステムに用いることができる。

次に、本発明の第3番目の反射型光学装置は、物体からの光束を像面に結像する少なくとも3面の反射面を有し、前記各反射面は偏芯して配置され、前記各反射面の各頂点を含む平面内におけるF値が1.9より小さいことを特徴とする。前記のような反射型光学装置によれば、高解像度、高感度が要求される赤外域撮像システムに用いることができる。

前記第3番目の反射型光学装置においては、前記F値が1.6より小さいことが好ましい。

また、前記各反射面のうち前記物体側の2面を前記物体側から光束進行方向に沿って順に、第1の反射面、第2の反射面とすると、前記平面で切った断面形状は、前記第1及び第2の反射面のそれぞれが凹形状であることが好ましい。

次に、本発明の第4番目の反射型光学装置は、物体からの光束を像面に結像する少なくとも3面の反射面を有し、前記各反射面は偏芯して配置され、前記各反射面のうち前記物体側から光束進行方向に沿って2番目の反射面を第2の反射面とすると、前記第2の反射面の頂点近傍の形状は、前記各反射面の各頂点を含む平面で切った断面形状が凹形状で、かつ前記平面に垂直な方向における断面形状が凸形状であることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、さらなる高解像度、高感度が要求されるシステムに用いることができる。

前記 2 番目、3 番目、又は 4 番目の反射型光学装置においては、前記少なくとも 3 面の反射面の形状が非軸対称面であることが好ましい。

また、前記 2 番目、3 番目、又は 4 番目の反射型光学装置においては、前記反射面は、前記物体側から光束進行方向に沿って順に、第 1 の反射
5 面、第 2 の反射面、第 3 の反射面、及び第 4 の反射面の 4 面であること
が好ましい。

前記反射面が 4 面の反射型光学装置においては、前記第 3 の反射面の頂点における法線と前記第 3 の反射面の頂点から前記第 4 の反射面の頂点へと向かう光軸とのなす角度 (deg) を α_3 とすると、

$$10 \quad 26 < \alpha_3 < 56$$

の関係を満足することが好ましい。前記関係式の下限を越えると、第 4 の反射面で反射された一部の光束が第 3 の反射面に戻り遮蔽されるため像面に到達しない。上限を越えると収差が大きく発生し、光学性能が劣化する。

15 また、前記第 1 の反射面と前記物体との間に光束を制限する絞りが配置されていることが好ましい。

また、前記絞りの中心と前記第 1 の反射面の頂点との間隔を d_1 、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離を $e_f y$ とする
と、

$$20 \quad 0.3 < d_1 / e_f y < 1.5$$

の関係を満足することが好ましい。

また、前記絞りの中心と前記第 1 の反射面の頂点との間隔を d_1 、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離を $e_f y$ とする
と、

$$25 \quad 0.6 < d_1 / e_f y < 1.0$$

の関係を満足することが好ましい。

また、前記第1の反射面の頂点と前記第2の反射面の頂点との間隔をd
2、前記第3の反射面の頂点と前記第4の反射面の頂点との間隔をd4
とすると、

$$0.3 < d_2 / d_4 < 1.0$$

5 の関係を満足することが好ましい。

また、前記第3の反射面の頂点と前記第4の反射面の頂点との間隔をd4
d4、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離をefy
とすると、

$$2.6 < d_4 / e_f y < 7.5$$

10 の関係を満足することが好ましい。

また、前記第3の反射面の頂点と前記第4の反射面の頂点との間隔をd4
d4、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離をefy
とすると、

$$3.5 < d_4 / e_f y < 6.5$$

15 の関係を満足することが好ましい。

また、前記第4の反射面の頂点と前記像面の中心との間隔をd5、前
記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離をefyとする
と、

$$0.5 < d_5 / e_f y < 2.0$$

20 の関係を満足することが好ましい。前記各関係式の範囲内であれば、一
部の光束の反射面での遮蔽や、収差の発生を抑えることができ、光学性
能の劣化を防止できる。

また、前記4面の反射面は、前記各反射面の各頂点を含む平面で切っ
た断面形状が全て凹形状であることが好ましい。

25 また、前記各反射面の各頂点を含む平面に垂直な方向における断面形
状のうち、前記第1の反射面の断面形状が凹形状であることが好ましい。

また、前記各反射面の各頂点を含む平面に垂直な方向における断面形状のうち、前記第3の反射面の断面形状が凹形状であることが好ましい。

また、前記各反射面の各頂点を含む平面に垂直な方向における断面形状のうち、前記第4の反射面が凹形状であることが好ましい。

5 また、前記4面の反射面は非軸対称形状で、かつ回転中心軸を持たない自由曲面であることが好ましい。

また、前記4面の反射面は自由曲面であり、前記自由曲面は、頂点を原点とし、各頂点を含む平面に垂直な方向をX、前記平面に含まれ頂点における接線方向をYとする直交座標系(X, Y)において関数 $f(X, Y)$ で定義され、各Y座標におけるX方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である湾曲軸Yトーリック面、又は各X座標におけるY方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である湾曲軸Xトーリック面であることが好ましい。

次に、本発明の第1番目の撮像装置は、前記各反射型光学装置と、光强度を電気信号に変換する検出手段とを備えたことを特徴とする。前記のような撮像装置によれば、広角でかつ解像度の高い映像信号を得ることができる。

前記第1番目の撮像装置においては、前記検出手段が2次元撮像素子であることが好ましい。

20 また、前記検出手段が赤外域の光線に感度を持つことが好ましい。

次に本発明の第1番目のマルチ波長撮像装置は、反射面のみで光束を集束させる反射型光学装置と、複数の異なる波長帯の光線に対して感度を持つ検出手段とを備えることを特徴とする。前記のようなマルチ波長撮像装置によれば、反射面のみで光速を集めるので、赤外域(波長 $3 \sim 5 \mu m$ 又は $8 \sim 12 \mu m$)から可視域(波長 $400 \sim 750 nm$)、紫外域(波長 $200 \sim 400 nm$)までどの波長帯でも使用可能であり、

複数の波長帯に感度を持つ検出手段と組み合わせると、一つの光学系で同時に複数の波長帯の画像を撮像することが可能となる。例えば、検出手段が赤外域と可視域のどちらの光線に対しても感度を持つ検出手段であれば、昼間の撮像に適した可視域と、夜間の撮像に適した赤外域の撮像が可能となる。

前記第1番目のマルチ波長撮像装置においては、前記複数の異なる波長帯が赤外域、可視域、及び紫外域から選ばれる2種以上の波長帯であることが好ましい。

また、前記反射型光学装置は、前記第1、第2、第3、又は第4番目の反射型光学装置であることが好ましい。

また、前記検出手段は、波長による光束分離手段と複数の各波長帯に対応する検出面とを有することが好ましい。

また、前記検出手段は、同一検出面内に異なる波長帯の光線に対して感度を持つ複数の領域を有することが好ましい。前記のようなマルチ波長撮像装置によれば、一つの光学系、一つの検出素子で同時に複数の波長帯の画像を撮像することが可能となる

また、前記検出手段が、同一検出面内に異なる波長帯の光線に対して感度を持つ複数の領域を有するマルチ波長撮像装置においては、前記反射型光学装置は、前記第1、第2、第3、又は第4番目の反射型光学装置であることが好ましい。

次に、本発明の第1番目の車載用監視装置は、前記撮像装置と、撮像された映像を運転者に伝える表示手段とを備えたことを特徴とする。前記のような車載用監視装置によれば、前走車、人等の位置情報を高精度に得ることができる。

次に、本発明の第2番目の車載用監視装置は、前記マルチ波長撮像装置と、撮像された映像を運転者に伝える表示手段とを備えたことを特徴

とする。

次に本発明の第5番目の反射型光学装置は、シェル形状の複数の光学部材が、中空部を形成するように対向配置して一体化され、前記中空部側の面は少なくとも一つの反射面を形成していることを特徴とする。前
5 記のような反射型光学装置によれば、複数のシェル形状の光学部材を対向配置して一体化して形成しているので、低コスト化と小型化とを両立させることができる。

前記第5番目の反射型光学装置においては、前記反射面のうち少なくとも一つは、回転中心軸を持たない自由曲面であることが好ましい。前
10 記のような反射型光学装置によれば、自由曲面で形成された反射面を有しているので、偏心光学系における収差補正能力が得られ、従来にない光路を有する光学系の構成が可能となる。さらに反射面自身による遮蔽が抑制され画角の大きな光学系を得ることができる。

また、前記複数の光学部材は、前側光学部材と後側光学部材との2つの光学部材で、前記前側光学部材のシェル形状の開口側と前記後側光学部材のシェル形状の開口側とを対向配置して一体化することにより前記中空部が形成されていることが好ましい。

また、前記光学部材は樹脂成形物で、前記反射面には金属薄膜が形成されていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、全体は樹脂成形物とし、反射面のみに金属薄膜を形成すればよいので、低コストの反射型光学装置を得ることができる。

また、前記金属薄膜の材料は、アルミニウム、金、銀、銅、及び亜鉛から選ばれる少なくとも一つの金属薄膜材料であることが好ましい。

また、前記反射面上にさらにSiO₂膜が形成されていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、反射率の減衰を防止できる。

また、前記光学部材は、金属材料で形成されていることが好ましい。

また、前記光学部材は、アルミニウム、金、銀、銅、及び亜鉛から選ばれる少なくとも一つの金属材料で形成されていることが好ましい。

また、前記金属材料で形成された光学部材の反射面にさらに金属薄膜が形成されていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、良好な反射率が得られる。
5

また、前記金属薄膜の材料は、アルミニウム、金、銀、銅、及び亜鉛から選ばれる少なくとも一つの金属薄膜材料であることが好ましい。

また、前記金属材料で形成された光学部材の反射面にさらに金属薄膜が形成された反射型光学装置においては、反射面上にさらに SiO_2 膜が形成されていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、反射率の減衰を防止できる。
10

また、前記第 5 願目の反射型光学装置においては、前記複数の光学部材のうち少なくとも一つには、撮像用の開口が形成されていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、開口に窓材を設けて必要な光速を透過させることができる。
15

また、前記撮像用の開口に、撮像に必要な波長域の光束を透過する窓材が設けられていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、必要な光速を透過させつつ、複数の光学部材が一体化して形成された中空状の空間内に、外部から塵埃や水滴が侵入することを防止することができる。
20

また、前記撮像のための開口に、撮像に必要な波長域の光束を透過し、それ以外の波長域の光束を遮蔽する窓材が設けられていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、不要な波長域の光束を反射型光学装置内に取り込むことがなくなり、コントラストの良好な画像を得ることができます。
25

また、前記撮像のための開口に、ゲルマニウム、シリコン、ポリエチレン、 CaF_2 、 BaF_2 、及び ZnSe から選ばれる少なくとも一つの材料で形成された窓材が設けられていることが好ましい。窓材にゲルマニウム、またはシリコンを用いると、可視域を遮蔽し赤外域を透過させることができ、可視域の光束の影響がない赤外域の光束を使った撮像が可能になる。また、窓材にポリエチレン、または ZnSe を用いると、可視域と赤外域とを透過させることが可能で、可視域と赤外域の光束と共に使った撮像が可能になる。

また、前記窓材は平板であることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、加工が容易かつ低コストであり、光学部材への付加も容易になる。

また、前記窓材はレンズ作用を有することが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、結像に寄与する光学的パワーを窓材にも分担させることができが可能となり、全系での収差補正能力が高まり光学性能を向上させることができる。

また、前記撮像用の開口に、入射する赤外線のうち、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する窓材が設けられていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、低コスト化と小型化を両立させつつ、不要な波長域の光束を反射型光学装置内に取り込まないようにできるので、コントラストの良好な画像を得ることができる。

前記撮像用の開口に、入射する赤外線のうち、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する窓材が設けられている反射型光学装置においては、前記窓材は、赤外線を反射する光学特性を有し、透明基材上に誘電体多層膜が形成されていることが好ましい。

また、前記透明基材は、ガラス材料であることが好ましい。

また、前記透明基材は、樹脂材料であることが好ましい。

また、前記透明基材は、 CaF_2 、 BaF_2 、及び ZnSe から選ばれる少なくとも一つの材料で形成されていることが好ましい。

また、前記窓材は、赤外線を吸収する光学特性を有するガラス材料で
5 形成されていることが好ましい。

また、前記窓材は、赤外線を吸収する光学特性を有する樹脂材料で形
成されていることが好ましい。

また、前記窓材は、近赤外域の赤外線の透過を遮ることが好ましい。

前記のような反射型光学装置によれば、感光特性を有する部材が、可視
10 域と遠赤外域の両方に感度を有する場合には、この感光特性を有する部
材に不要光となる成分の光線の入射を抑制することができる。

また、前記近赤外域の波長域は、700 nmから1100 nmの範囲
であることが好ましい。

また、前記窓材は、平板であることが好ましい。前記のような反射型
15 光学装置によれば、加工が容易かつ低コストであり、光学部材への付加
も容易になる。

また、前記窓材は、レンズ作用を有することが好ましい。前記のよう
な反射型光学装置によれば、結像に寄与する光学的パワーを窓材にも分
担させることができるとなり、全系での収差補正能力が高まり光学性能を
20 向上させることができる。

また、前記各反射面上に、入射する赤外線のうち少なくとも一定範囲
の波長域の赤外線を反射しない光学特性を有する膜が形成されているこ
とが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、開口から入射し
た光束の中から撮像に必要な分光成分のみを結像に寄与させることができ
25 き、不要な波長域の光束を抑制することができるので、コントラストの
良好な画像を得ることができる。さらには、構成部品点数が少ないので

低コスト化が可能である。

前記各反射面上に、入射する赤外線のうち少なくとも一定範囲の波長域の赤外線を反射しない光学特性を有する膜が形成されている反射型光学装置においては、前記膜は、可視域より長波長域の赤外線を反射しない光学特性を有することが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、結像光束は可視域の分光成分のみからなるため、望ましい色調の画像を撮像できる。
5

また、前記可視域より長波長域の波長域は、700 nmより大きいことが好ましい。

10 また、前記膜は、近赤外域の波長域の赤外線を反射しない光学特性を有することが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、感光特性を有する部材が、可視域と遠赤外域の両方に感度を有する場合には、この感光特性を有する部材に不要光となる成分の光線の入射を抑制することができる。

15 また、前記近赤外域の波長域は、700 nmから1100 nmの範囲であることが好ましい。

また、前記複数の光学部材のうち少なくとも一つには、感光特性を有する部材上に画像を結像させるための開口が設けられていることが好ましい。

20 次に本発明の第1番目の反射型固体光学装置は、入射する赤外線のうち、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する光学媒質で中実状の装置本体が形成され、前記装置本体には、前記装置本体表面と前記装置本体表面に形成された膜により少なくとも一つの反射面が形成されていることを特徴とする。前記のような反射型光学装置によれば、低コスト化と小型化を両立させることができる。
25

前記第1番目の反射型固体光学装置においては、前記反射面の少なく

とも一つにおける前記装置本体表面は、回転中心軸を持たない自由曲面で形成されていることが好ましい。前記のような反射型光学装置によれば、自由曲面で形成された反射面を有しているので、偏心光学系における収差補正能力が得られ、従来にない光路を有する光学系の構成が可能となる。さらに反射面自身による遮蔽が抑制され画角の大きな光学系を得ることができる。

また、前記光学媒質は、可視域より長波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する材料で形成されていることが好ましい。前記のような反射型固体光学装置によれば、結像光束は可視域の分光成分のみからなるため、望ましい色調の画像を撮像できる。

また、前記可視域より長波長域の波長域は、700 nmより大きいことが好ましい。

また、前記光学媒質は、近赤外域の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する材料で形成されていることが好ましい。前記のような反射型固体光学装置によれば、各波長域に感度を有する部材に不要光となる成分の光線の入射を抑制することができる。

また、前記近赤外域の波長域は、700 nmから1100 nmの範囲であることが好ましい。

次に本発明の第2番目の撮像装置は、前記第5番目の反射型光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型光学装置の結像部に撮像素子が設けられていることを特徴とする。前記のような撮像装置によれば、小型、低コスト化を図りつつ、高コントラスト化が可能である。

前記第2番目の撮像装置においては、前記撮像素子は、可視域に感度を有することが好ましい。

次に本発明の第3番目の撮像装置は、前記第5番目の反射型光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型光学装置の結像部に可視域に

感度を有する撮像素子が設けられていることを特徴とする。前記のような撮像装置によれば、小型、低コスト化を図りつつ、高コントラスト化が可能である。

次に、本発明の第4番目の撮像装置は、前記第5番目の反射型光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型光学装置の結像部に可視域及び赤外域に感度を有する撮像素子が設けられていることを特徴とする。

次に、本発明の第5番目の撮像装置は、前記近赤外域の赤外線の透過を遮る窓材を有する反射型光学装置、又は前記近赤外域の波長域の赤外線を反射しない光学特性を有する反射型光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型光学装置の結像部に可視域及び赤外域に感度を有する撮像素子が設けられていることを特徴とする。

次に、本発明の第6番目の撮像装置は、前記第1番目の反射型固体光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型固体光学装置の結像部に撮像素子が設けられていることを特徴とする。前記のような撮像装置によれば、小型、低コスト化を図りつつ、高コントラスト化が可能である。

前記第6番目の撮像装置においては、前記撮像素子は、可視域に感度を有することが好ましい。

次に、本発明の第7番目の撮像装置は、前記光学媒質が近赤外域の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する材料で形成された反射型固体光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型固体光学装置の結像部に可視域及び赤外域に感度を有する撮像素子が設けられていることを特徴とする。

次に本発明の第1番目のビデオカメラ装置は、前記第2番目の撮像装置を用いたことを特徴とする。

次に本発明の第2番目のビデオカメラ装置は、前記第6番目の撮像装置を用いたことを特徴とする。前記のようなビデオカメラによれば、撮

像装置が小型、低コスト、かつ高コントラストであるため、ビデオカメラ装置の小型、低コスト化、及び高性能化を図ることができる。

次に本発明の第3番目の車載用監視装置は、前記第2番目の撮像装置を用いたことを特徴とする。

- 5 次に本発明の第4番目の車載用監視装置は、前記第6番目の撮像装置を用いたことを特徴とする。前記のような車載用監視装置によれば、走行レーン逸脱の有無、又は前方走行車両の検出、さらには前方の障害物の検出等ができる。また、この画像を運転席に設けられた表示装置に表示することで、人間の視覚を補助することができる。

10

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施形態1に係る反射型光学装置を示す構成図

図2は、反射面形状を説明するための斜視図

- 15 図3は、本発明の実施形態1の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図4は、本発明の実施形態1の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図5は、本発明の実施形態2に係る反射型光学装置を示す構成図。

- 20 図6は、本発明の実施形態2の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図7は、本発明の実施形態2の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図8は、本発明の実施形態2の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

- 25 図9は、本発明の実施形態2の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図 1 0 は、本発明の実施形態 2 の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図 1 1 は、本発明の実施形態 2 の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

5 図 1 2 は、本発明の実施形態 2 の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図 1 3 は、本発明の実施形態 2 の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

10 図 1 4 は、本発明の実施形態 2 の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図 1 5 は、本発明の実施形態 2 の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

図 1 6 は、本発明の実施形態 2 の実施例に係る反射型光学装置の光学性能を示す収差図。

15 図 1 7 は、本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置を示す構成図。

図 1 8 は、本発明の実施の形態 4 に係るマルチ波長撮像装置を示す構成図。

図 1 9 は、本発明の実施形態 5 に係るマルチ波長撮像装置を示す構成図。

20 図 2 0 は、本発明の実施形態 6 に係る車載用監視装置を示す構成図。

図 2 1 は、本発明の実施形態 7 に係る反射型光学装置の斜視図。

図 2 2 は、本発明の実施形態 7 に係る反射型光学装置の断面図。

図 2 3 は、本発明の実施形態 7 に係る別の反射型光学装置の断面図。

図 2 4 は、本発明の実施形態 8 に係る反射型光学装置の断面図。

25 図 2 5 は、本発明の実施形態 9 に係る反射型光学装置の断面図。

図 2 6 は、本発明の実施形態 9 に係る別の反射型光学装置の断面図。

図27は、本発明の実施形態10に係る反射型光学装置の断面図。

図28は、本発明の実施形態11に係る反射型光学装置の断面図。

図29は、本発明の各実施形態に係る撮像装置を用いた車載用監視装置の配置図

5 図30は、本発明の実施形態12に係る反射型光学装置の構成を示す斜視図。

図31は、本発明の実施形態12に係る反射型光学装置の断面図。

図32は、本発明の実施形態12に係る結像用開口を有する反射型光学装置の断面図。

10 図33は、本発明の実施形態12に係る結像用開口を有する別の反射型光学装置の断面図。

図34は、本発明の実施形態13に係る反射型光学装置の断面図。

図35は、本発明の実施形態13に係る結像用開口を有する反射型光学装置の断面図。

15 図36は、本発明の実施形態13に係る結像用開口を有する別の反射型光学装置の断面図。

図37は、本発明の実施形態14に係る反射型固体光学装置の構成を示す斜視図。

図38は、本発明の実施形態14に係る反射型固体光学装置の断面図。

20 図39は、本発明の実施形態14に係る別の反射型固体光学装置の断面図。

図40は、本発明の実施形態15に係るビデオカメラ装置の概略図

発明を実施するための最良の形態

25 以下、本発明の一実施形態について図面を参照しながら説明する。
(実施の形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係る反射型光学装置を示す構成図である。本図に示した反射型光学装置は、絞り1、第1ミラー2、第2ミラー3、及び像面4を有している。第1ミラー2、及び第2ミラー3は、光束が斜めに反射するように光軸に対して斜めに配置されている。

5 本図は、反射型光学装置を、像面4の中心と各ミラー2、3の各頂点とを含む平面で切った断面形状を示しており、各ミラー2、3の反射面は共に凹形状である。物体から発せられた光束は、絞り1で光束を制限され、第1ミラー2、及び第2ミラー3によって反射されて像面4に結像する。

10 第1ミラー2、及び第2ミラー3の面形状は、非軸対称面であり、一般の球面、軸対称非球面と異なり頂点における法線を回転対称軸としない面である。非軸対称面の反射面を自由曲面とすれば、設計自由度が増え、より広角化、光学性能の向上を実現することができる。ここで、自由曲面とはトーリック面などが持つ回転中心軸を持たない面をいう（以下の実施の形態でも同じ。）。

15 自由曲面の一例として、図2に示したような、湾曲軸Yトーリック面がある。湾曲軸Yトーリック面は、図2に示したように、像面の中心と各頂点とを含む平面に垂直な方向をX、前記平面に含まれ頂点における接線方向をYとする直交座標系(X、Y)において、各Y座標におけるX方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である面である。

20 図2中、L1はX方向断面形状(円弧)、L2はX方向曲率を結んだ線(非円弧の曲線)、L3はY方向母線形状(非円弧)、Pは頂点を示している。また、自由曲面の他の例として、XとYとを入れ替えた湾曲軸Xトーリック面もある。

25 湾曲軸Yトーリック面は、面の頂点を原点とするx(mm)、y(mm)

の位置における頂点からのサグ量を入射光束の向かう方向を正とする Z (mm) として下記の式(1)～(5)で表される。

$$\text{式 (1)} \quad Z = M(y) + S(x, y)$$

$$\text{式 (2)} \quad M(y) = \frac{\left(\frac{y^2}{Rdy}\right)}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{y}{Rdy}\right)^2}}$$

5

$$\begin{aligned} &+ YAD y^4 + YAE y^6 + YAF y^8 + YAG y^{10} \\ &+ YAOD y^3 + YAOE y^5 + YAOF y^7 + YAOG y^9 \end{aligned}$$

10

$$\text{式 (3)}$$

$$S(x,y) = \frac{\frac{x^2}{Rds} - 2x \cdot \sin \theta}{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \left(\frac{x}{Rds}\right)^2 + \frac{2x \cdot \sin \theta}{Rds}} \quad 15$$

$$+ XAD x^4 + XAE x^6 + XAF x^8 + XAG x^{10}$$

$$\begin{aligned} 20 \quad \text{式 (4)} \quad Rds &= Rdx(1 + BCy^2 + BDy^4 + BEy^6 + BFy^8 + BGy^{10} + BOCy + \\ &+ BODy^3 + BOEy^5 + BOFy^7 + BOGy^9) \end{aligned}$$

$$\text{式 (5)} \quad \theta = QCy^2 + QDy^4 + QEy^6$$

ここで、M(y) は頂点を含む Y 方向断面形状である非円弧を表す式であり、Rdy (mm) は Y 方向曲率半径、YAD、YAE、YAF、25 YAG は Y 方向に寄与する偶数次定数、YAOD、YAOE、YAOF、YAOG は奇数次定数である。

S (x, y) は X 方向断面形状を表す式であり、 R d s は各 y 座標における X 方向曲率半径を表す関数、 R d x (mm) は中心の X 方向曲率半径、 B C、 B D、 B E、 B F、 B G は偶数次定数、 B O C、 B O D、 B O E、 B O F、 B O G は奇数次定数、 X A D、 X A E、 X A F、 X A G は X 方向に寄与する偶数次定数、 θ (rad) は面のねじり角度を決める関数であり、 Q C、 Q D、 Q E はねじり係数である。

湾曲軸 X トーリック面は、同様に面の頂点を原点とする x (mm)、y (mm) の位置における頂点からのサグ量を入射光束の向かう方向を正とする Z (mm) として下記の式 (6) ~ (10) で表される。

10 式 (6) $Z = M(x) + S(x, y)$

式 (7)

$$M(x) = \frac{\left(\frac{x^2}{Rdx} \right)}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{x}{Rdx} \right)^2}}$$

15

$$+ XAD x^4 + XAE x^6 + XAF x^8 + XAG x^{10}$$

式 (8)

$$S(x,y) = \frac{\frac{y^2}{Rds} - 2y \cdot \sin \theta}{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \left(\frac{y}{Rds} \right)^2 + \frac{2y \cdot \sin \theta}{Rds}}}$$

$$+ YAD y^4 + YAE y^6 + YAF y^8 + YAG y^{10}$$

$$+ YAOD y^3 + YAOE y^5 + YAOF y^7 + YAOG y^9$$

25

$$\text{式 (9)} \quad R_{ds} = R_{dy}(1 + BCx^2 + BDx^4 + BEx^6 + BFx^8 + BGx^{10} + BOCx + \\ + BODx^3 + BOEx^5 + BOFx^7 + BOGx^9)$$

$$\text{式 (10)} \quad \theta = QCx^2 + QDx^4 + QE x^6$$

ここで、 $M(x)$ は頂点を含む X 方向断面形状である非円弧を表す式、
 5 $S(x, y)$ は Y 方向断面形状を表す式である。 $R_d x$ (mm) は X 方向曲率半径、
 XAD、XAE、XAF、XAG は X 方向に寄与する偶数次定数である。

$R_d s$ は各 x 座標における Y 方向曲率半径を表す関数、 $R_d y$ (mm)
 は中心の Y 方向曲率半径、BC、BD、BE、BF、BG は偶数次定数、
 10 BO C、BOD、BOE、BOF、BOG は奇数次定数、YAD、YA
 E、YAF、YAG は Y 方向に寄与する偶数次定数、YAO D、YAO
 E、YAO F、YAO G は奇数次定数、 θ (rad) は面のねじり角度を決める
 関数であり、QC、QD、QE はねじり係数である。

また、絞りの中心と第 1 ミラー 2 の頂点との間隔を d_1 、像面 4 の中
 15 心と第 1 ミラー 2 及び第 2 ミラー 3 の反射面の各頂点とを含む平面内に
 における焦点距離を $e_f y$ とすると、下記の式 (11) の関係を満足する
 ことが好ましい。

$$\text{式 (11)} \quad 0.3 < d_1 / e_f y < 1.5$$

また、第 1 ミラー 2 の頂点と第 2 ミラー 3 の頂点との間隔を d_2 とす
 20 ると、下記の式 (12) の関係を満足することが好ましい。

$$\text{式 (12)} \quad 1.0 < d_2 / e_f y < 4.0$$

式 (11)、(12) の範囲内であれば、収差の発生を抑えることができ、光学性能の劣化を防止できる。

次に、本実施形態の具体的な数値例を表 1、表 2 に示す。表中、M1
 25 M2 は第 1 ミラー 2、M2 は第 2 ミラー 3 を示し、表 1 では M1、M2 共に
 面形状は湾曲軸 Y トーリック面で、表 2 では M1、M2 共に湾曲軸 X ト

ーリック面である。

また、 $e_f y$ は y 方向の全系焦点距離、 $e_f x$ は x 方向の全系焦点距離、 d_1 は絞り 1 の中心から第 1 ミラー 2 の頂点までの距離 (mm)、 d_2 は第 1 ミラー 2 の頂点から第 2 ミラー 3 の頂点までの距離 (mm)、 d_3 は第 2 ミラー 3 の頂点から像面 4 の中心までの距離 (mm)、 α_1 は第 1 ミラー 2 の法線と光軸のなす角 ($d_e g$)、 α_2 は第 2 ミラー 3 の法線と光軸のなす角 ($d_e g$) である。また、表 2 に示した実施例では像面を光軸に対して傾けて配置しており、その角度を α_3 とした。

表 1、2 に示した実施例では、M 1、M 2 共に $R d y$ は負である。このことは、Y 方向においては、M 1、M 2 共に凹面であることを意味している（表 3～13 の実施例も同じ。）。また、M 1、M 2 共に $R d x$ は負である。このことは、X 方向においては、M 1、M 2 共に凹面であることを意味している。

表 1

 $e_{fy}=8.59 \quad e_{fx}=29.58$

		$\phi 2.0$	
		$d1 : 6.61$	
5	M1	$\alpha 1 : 30$ rdy:-15.07698 YAD: 1.4254×10^{-5} YAOD: -7.5192×10^{-4} BC: 9.2330×10^{-3} BOD: 3.4719×10^{-3}	rdx:-161.387 YAOE: 1.6213×10^{-5}
10	M2	$\alpha 2 : 30$ rdy:-22.108 YAD: -2.2097×10^{-5} YAOD: 3.3323×10^{-4} BC: -1.7039×10^{-3} BOD: 7.7878×10^{-5}	rdx:-56.202 YAOE: 2.7018×10^{-7}
		$d3 : 22.16$	
	像面	$\alpha 3 : 0$	

表 2

efy=9.75 efx=24.94

絞り		$\phi 3.0$					
5		$\alpha 1 : 30$					
M1		rdy:-15.40531	rdx:-78.23718				
		YAD: -1.11104×10^{-6}	YAE: -7.94940×10^{-6}	YAF: 3.20283×10^{-7}	YAG: 5.58089×10^{-10}		
		YAOD: 1.28434×10^{-3}	YAOE: 1.02160×10^{-5}	YAOF: -3.52620×10^{-7}	YAOG: 1.28002×10^{-8}		
		XAD: 2.97163×10^{-5}	XAE: 2.42403×10^{-6}				
		BC: -4.08445×10^{-4}	BD: -1.37960×10^{-4}				
		QC: 1.45193×10^{-4}	QD: -2.89601×10^{-6}				
10		$\alpha 2 : 30$					
M2		rdy:-14.82636	rdx:-58.27511				
		YAD: -1.41004×10^{-5}	YAE: 8.10057×10^{-7}	YAF: 1.08431×10^{-8}	YAG: -3.22948×10^{-9}		
		YAOD: -2.08556×10^{-4}	YAOE: 3.49859×10^{-6}	YAOF: -9.93788×10^{-8}	YAOG: -3.43238×10^{-9}		
		XAD: 9.91702×10^{-7}	XAE: -1.65342×10^{-6}				
		BC: -8.01946×10^{-4}	BD: 3.67792×10^{-5}				
		QC: -3.07422×10^{-4}	QD: -1.64131×10^{-6}				
像面		$\alpha 3 : 23.74$					

本実施形態によれば、高度に収差補正機能を有する湾曲軸トーリック面形状のミラーを2枚、偏芯して配置したので、光束を遮ることなく像面まで導き、良好に結像することができ、広角、高性能な反射型光学装置を実現することができる。図3、4に、表1、2に示した実施例の収差図を示している。

なお、本実施形態では、ミラーの形状を前記の式(1)～(5)、又は式(6)～(10)で定義したが、同様の面であれば異なる定義式でもよい。

(実施の形態2)

10 図5は本発明の実施形態2に係る反射型光学装置を示す構成図である。本図に示した反射型光学装置は、絞り5、第1ミラー6、第2ミラー7、第3ミラー8、第4ミラー9、及び像面10を有している。各ミラー6～9は、光束が斜めに反射するように光軸に対して斜めに配置されている。物体から発せられた光束は、絞り5で光束を制限され、各ミラー6～9によって像面10に結像される。

本図は、反射型光学装置を、各ミラー6～9の各頂点を含む平面で切った断面形状を示しており、各ミラー6～9の反射面は共に凹形状である。

20 各ミラー6～9の形状は、図2に示した湾曲軸Yトーリック面（前記式(1)～(5)）、又は湾曲軸Xトーリック面（前記式(6)～(10)）である。

本実施形態では、第3ミラー8の反射面の頂点における法線と第3ミラー8の頂点から第4ミラー9の頂点へと向かう光軸とのなす角度(deg)を α_3 とすると、下記の式(13)の関係を満足することが好みい。

$$\text{式 (13)} \quad 26 < \alpha_3 < 56$$

式（13）の下限を越えると、第4ミラー9で反射された一部の光束が第3ミラー8の反射面に戻り遮蔽されるため像面に到達しない。上限を越えると収差が大きく発生し、光学性能が劣化する。

また、絞りの中心と第1ミラー6の反射面の頂点との間隔をd1、各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離をefyとすると、下記の式（14）の関係を満足することが好ましい。

$$\text{式 (14)} \quad 0.3 < d1 / efy < 1.5$$

また、式（14）は下記の式（15）の範囲であることが好ましい。

$$\text{式 (15)} \quad 0.6 < d1 / efy < 1.0$$

また、第1ミラー6の頂点と第2ミラー7の反射面の頂点との間隔をd2、第3ミラー8の反射面の頂点と第4ミラー9の反射面の頂点との間隔をd4とすると、下記の式（16）の関係を満足することが好ましい。

$$\text{式 (16)} \quad 0.3 < d2 / d4 < 1.0$$

また、第3ミラー8の反射面の頂点と第4ミラー9の反射面の頂点との間隔をd4とすると、下記の式（17）の関係を満足することが好ましい。

$$\text{式 (17)} \quad 2.6 < d4 / efy < 7.5$$

また、式（17）は下記の式（18）の範囲であることが好ましい。

$$\text{式 (18)} \quad 3.5 < d4 / efy < 6.5$$

第4ミラー9の反射面の頂点と像面10の中心との間隔をd5とすると、下記の式（19）の関係を満足することが好ましい。

$$\text{式 (19)} \quad 0.5 < d5 / efy < 2.0$$

前記式（13）～（19）の範囲内であれば、一部の光束の反射面での遮蔽や、収差の発生を抑えることができ、光学性能の劣化を防止できる。

次に、具体的な数値例を表 3～13 に示す。表中、M 1 は第 1 ミラー 6、M 2 は第 2 ミラー 7、M 3 は第 3 ミラー 8、M 4 は第 4 ミラー 9 を示している。表 4～9 に示した実施例では、M 1～M 4 の面形状は湾曲軸 X トーリック面で、表 10～12 に示した実施例では、M 1、M 4 が 5 湾曲軸 X トーリック面で、M 2、M 3 が湾曲軸 Y トーリック面で、表 13 に示した実施例では、M 1 が湾曲軸 X トーリック面で、M 2～M 4 が 湾曲軸 Y トーリック面である。

また、 $e_f y$ は y 方向の全系焦点距離、 $e_f x$ は x 方向の全系焦点距離、 d_1 は絞り 5 の中心から第 1 ミラー 6 の頂点までの距離 (mm)、 d_{10} 10 は第 1 ミラー 6 の頂点から第 2 ミラー 7 の頂点までの距離 (mm)、 d_2 は第 2 ミラー 7 の頂点から第 3 ミラー 8 の頂点までの距離 (mm)、 d_3 は第 3 ミラー 8 の頂点から第 4 ミラー 9 の頂点までの距離 (mm)、 d_4 は第 4 ミラー 9 の頂点から像面 10 の中心までの距離 (mm) である。

$\alpha_1 \sim \alpha_4$ はそれぞれ第 1 ミラー 6 から順に、各ミラー 6～9 の頂点 15 における法線と光軸のなす角 ($d_e g$) である。表 10～13 に示した 実施例では像面を光軸に対して傾けて配置しており、その角度を α_5 とした。

表 3

efy=6.0 efx=6.0

		ϕ 2.0	
		$d_1 : 7.50$	
5	M1	$\alpha 1 : 28$	
		rdy:-20.77944 rdx:-15.70431 YAD: 2.85520×10^{-5} YAE: -8.45180×10^{-7} YAOD: 2.43998×10^{-4} YAOE: 4.71315×10^{-6} BC: -1.65813×10^{-2} BD: 5.07453×10^{-4} QC: -1.25276×10^{-3} QD: 1.17284×10^{-8}	
		$d_2 : 9.85$	
10	M2	$\alpha 2 : 35$	
		rdy:-18.03572 rdx:-10.59307 YAD: 3.91994×10^{-4} YAE: 8.72308×10^{-6} YAOD: -1.75571×10^{-3} YAOE: 2.81540×10^{-5} BC: -6.55252×10^{-2} BD: 2.20923×10^{-2} QC: 3.29483×10^{-3} QD: -3.09511×10^{-8}	
		$d_3 : 23.74$	
15	M3	$\alpha 3 : 26$	
		rdy:-40.34396 rdx:-34.87208 YAD: -1.68810×10^{-6} YAE: 4.38391×10^{-7} YAOD: -2.29194×10^{-4} YAOE: 8.63287×10^{-7} BC: -1.84078×10^{-3} BD: 7.01830×10^{-5} QC: -9.50937×10^{-6} QD: -3.93368×10^{-6}	
		$d_4 : 12.81$	
20	M4	$\alpha 4 : 21.35$	
		rdy:-31.02412 rdx:-25.47785 YAD: 1.02141×10^{-5} YAE: -1.12296×10^{-7} YAOD: 3.51527×10^{-4} YAOE: -8.51782×10^{-7} BC: 1.53260×10^{-3} BD: 7.67259×10^{-6}	
		$d_5 : 11.37$	
像面		$\alpha 5 : 0.0$	

表 4

		efy=6.0 efx=6.0	
		$\phi 3.0$	
			d1 : 7.50
5	M1	$\alpha 1 : 28$ rdy:-21.82217 rdx:-14.82874 YAD: -1.19714×10^{-5} YAE: 5.60805×10^{-7} YAOD: 4.98348×10^{-4} YAOE: -5.31684×10^{-6} BC: -1.33865×10^{-2} BD: 2.52256×10^{-4} QC: -3.39625×10^{-3} QD: 1.17285×10^{-8}	
10	M2	$\alpha 2 : 35$ rdy:-17.91289 rdx:-11.48710 YAD: 4.22895×10^{-4} YAE: 9.22965×10^{-6} YAOD: -2.44954×10^{-3} YAOE: 4.42684×10^{-5} BC: -5.93678×10^{-2} BD: 1.23542×10^{-2} QC: 3.79637×10^{-3} QD: -3.09512×10^{-8}	d2 : 9.85
15	M3	$\alpha 3 : 40$ rdy:-44.95284 rdx:-31.58477 YAD: -2.83072×10^{-6} YAE: 4.09973×10^{-7} YAOD: -2.19463×10^{-4} YAOE: 2.58538×10^{-6} BC: 4.25959×10^{-4} BD: 4.46018×10^{-5} QC: -2.88240×10^{-4} QD: -3.63034×10^{-6}	d3 : 23.74
20	M4	$\alpha 4 : 24.31$ rdy:-33.08792 rdx:-24.70912 YAD: 3.40138×10^{-6} YAE: -1.29774×10^{-7} YAOD: 3.86085×10^{-4} YAOE: -2.03534×10^{-6} BC: 2.27858×10^{-3} BD: -7.72750×10^{-5}	d4 : 12.91
	像面	$\alpha 5 : 0.0$	d5 : 11.52

表 5

efy=6.0 efx=6.0

		$\phi 2.0$		
		$d1 : 7.50$		
5	M1	$\alpha 1 : 28$ rdy:-22.39173 rdx:-13.80661 YAD: -3.09321×10^{-5} YAE: 8.16600×10^{-7} YAOD: 3.33310×10^{-4} YAOE: -7.15611×10^{-7} BC: -2.03056×10^{-2} BD: 2.27089×10^{-4} QC: -5.43622×10^{-3} QD: 1.17284×10^{-8}		
		$d2 : 9.85$		
10	M2	$\alpha 2 : 35$ rdy:-18.11807 rdx:-10.42351 YAD: 3.92243×10^{-4} YAE: 5.97963×10^{-6} YAOD: -2.13483×10^{-3} YAOE: 5.53745×10^{-5} BC: -5.41481×10^{-2} BD: 9.17823×10^{-3} QC: 2.94190×10^{-3} QD: -3.09513×10^{-8}		
		$d3 : 23.74$		
15	M3	$\alpha 3 : 56$ rdy:-61.81877 rdx:-27.32216 YAD: -5.16440×10^{-6} YAE: 3.06650×10^{-7} YAOD: -1.98648×10^{-4} YAOE: 3.07233×10^{-6} BC: -1.76257×10^{-3} BD: 5.10835×10^{-5} QC: -5.39013×10^{-4} QD: -8.07966×10^{-6}		
		$d4 : 11.95$		
20	M4	$\alpha 4 : 24.72$ rdy:-33.34237 rdx:-22.94313 YAD: 2.12146×10^{-6} YAE: -1.87215×10^{-8} YAOD: 6.17948×10^{-4} YAOE: -2.40465×10^{-6} BC: 2.25609×10^{-3} BD: -6.38015×10^{-5}		
		$d5 : 11.71$		
像面		$\alpha 5 : 0.0$		

表 6

efy=6.0 efx=6.0

		$\phi 1.75$
		$d_1 : 2.0$
5	M1	$\alpha 1 : 39$ rdy:-28.99836 rdx:-12.39711 YAD: -3.01369×10^{-4} YAE: 2.77086×10^{-5} YAOD: 1.66612×10^{-3} YAOE: -8.14946×10^{-5} BC: -1.61540×10^{-1} BD: 4.96420×10^{-2} QC: -3.95368×10^{-3} QD: 1.17285×10^{-8}
10	M2	$\alpha 2 : 35$ rdy:-15.77873 rdx:-8.89741 YAD: 5.86027×10^{-4} YAE: -3.01663×10^{-6} YAOD: -8.20487×10^{-4} YAOE: -1.48207×10^{-5} BC: -3.01679×10^{-2} BD: 2.32177×10^{-3} QC: 1.76844×10^{-3} QD: -3.09511×10^{-8}
15	M3	$\alpha 3 : 40$ rdy:-42.80333 rdx:-34.42642 YAD: -1.30380×10^{-5} YAE: 3.96163×10^{-7} YAOD: -1.02025×10^{-5} YAOE: 1.67535×10^{-6} BC: 4.16640×10^{-4} BD: -5.77840×10^{-5} QC: -3.33973×10^{-4} QD: 7.95418×10^{-7}
20	M4	$\alpha 4 : 23.08$ rdy:-32.65172 rdx:-23.03887 YAD: 6.74044×10^{-6} YAE: -2.36405×10^{-7} YAOD: 3.81289×10^{-4} YAOE: -1.93378×10^{-6} BC: -3.78634×10^{-4} BD: 1.58382×10^{-4}
	像面	$d_5 : 11.20$
		$\alpha 5 : 0.0$

表 7

efy=6.0 efx=6.0

		$\phi 3.0$	
			d1 : 5.50
5	M1	$\alpha 1 : 28$ rdy:-24.17387 rdx:-14.31709 YAD: -1.02173×10^{-4} YAE: 4.26096×10^{-6} YAOD: 1.07186×10^{-3} YAOE: -2.49497×10^{-5} BC: -2.50958×10^{-2} BD: 5.28022×10^{-4} QC: -4.20192×10^{-3} QD: 1.17285×10^{-8}	
10	M2	$\alpha 2 : 35$ rdy:-15.94181 rdx:-9.66194 YAD: 3.92719×10^{-4} YAE: 5.56002×10^{-6} YAOD: -1.63499×10^{-3} YAOE: 2.45322×10^{-6} BC: -5.96184×10^{-2} BD: 1.30828×10^{-2} QC: 5.41429×10^{-3} QD: -3.09512×10^{-8}	d2 : 9.85
15	M3	$\alpha 3 : 40$ rdy:-44.89417 rdx:-34.86430 YAD: -2.12356×10^{-6} YAE: 3.94434×10^{-7} YAOD: -1.95436×10^{-4} YAOE: 2.26073×10^{-6} BC: 7.21681×10^{-5} BD: 5.60464×10^{-5} QC: -3.21340×10^{-4} QD: -4.50268×10^{-6}	d3 : 23.74
20	M4	$\alpha 4 : 23.36$ rdy:-31.80780 rdx:-23.20315 YAD: 7.07410×10^{-6} YAE: -1.51771×10^{-7} YAOD: 4.05762×10^{-4} YAOE: -2.04428×10^{-6} BC: 5.22411×10^{-4} BD: 1.05700×10^{-5}	d4 : 12.41
	像面	$\alpha 5 : 0.0$	d5 : 11.40

表 8

efy=6.0 efx=6.0

		$\phi 2.0$	
		$d1 : 9.0$	
5	M1	$\alpha 1 : 32$ rdy:-23.40328 rdx:-14.37048 YAD: -4.53336×10^{-5} YAE: 9.51679×10^{-7} YAOD: 4.17810×10^{-4} YAOE: -5.34064×10^{-6} BC: -1.33642×10^{-2} BD: 4.16406×10^{-4} QC: -1.82225×10^{-3} QD: 1.17286×10^{-8}	$d2 : 9.85$
		$d3 : 23.74$	
10	M2	$\alpha 2 : 37$ rdy:-17.87708 rdx:-10.95019 YAD: 4.25988×10^{-4} YAE: 1.03962×10^{-5} YAOD: -2.02336×10^{-3} YAOE: 4.20681×10^{-5} BC: -4.47247×10^{-2} BD: 1.66161×10^{-2} QC: 3.78534×10^{-3} QD: -3.09512×10^{-8}	$d4 : 12.83$
		$d5 : 11.56$	
15	M3	$\alpha 3 : 40$ rdy:-45.06124 rdx:-31.98407 YAD: -2.50736×10^{-6} YAE: 3.94618×10^{-7} YAOD: -1.93104×10^{-4} YAOE: 2.45156×10^{-6} BC: 2.04538×10^{-6} BD: 4.21346×10^{-5} QC: -2.06813×10^{-4} QD: -3.07224×10^{-6}	$d5 : 11.56$
		$\alpha 4 : 22.89$ rdy:-32.45308 rdx:-24.64244 YAD: 3.70972×10^{-6} YAE: -1.48635×10^{-7} YAOD: 4.09804×10^{-4} YAOE: -2.28830×10^{-6} BC: 1.65169×10^{-3} BD: -2.43063×10^{-5}	
20	M4	$\alpha 5 : 0.0$	
	像面		

表 9

efy=6.0 efx=6.0

		$\phi 4.0$
		$d_1 : 5.50$
5	M1	$\alpha 1 : 40$ rdy:-66.14546 rdx:-12.38682 YAD: -1.10756×10^{-4} YAE: 3.65584×10^{-7} YAOD: 5.82227×10^{-4} YAOE: 2.42221×10^{-6} BC: -1.74578×10^{-2} BD: 1.64602×10^{-3} QC: -1.50452×10^{-3} QD: 4.79608×10^{-5}
10	M2	$\alpha 2 : 40$ rdy:-13.89106 rdx:-14.47631 YAD: 5.92504×10^{-4} YAE: -3.84669×10^{-6} YAOD: -8.85563×10^{-4} YAOE: 9.39882×10^{-6} BC: -3.18752×10^{-3} BD: -1.00143×10^{-5} QC: -1.47114×10^{-3} QD: -1.23368×10^{-5}
15	M3	$\alpha 3 : 40$ rdy:-53.05799 rdx:-72.28070 YAD: 3.52465×10^{-6} YAE: 5.03647×10^{-8} YAOD: -1.69773×10^{-4} YAOE: -5.00443×10^{-7} BC: 3.64224×10^{-3} BD: 1.24747×10^{-5} QC: -1.13319×10^{-4} QD: -1.94595×10^{-7}
20	M4	$\alpha 4 : 24$ rdy:-29.68662 rdx:-20.89002 YAD: 1.94548×10^{-5} YAE: -2.69948×10^{-7} YAOD: 5.36908×10^{-4} YAOE: -4.24714×10^{-6} BC: -1.04264×10^{-3} BD: 2.25904×10^{-5}
		$d_5 : 11.107$
		$\alpha 5 : 0.0$
		像面

表 1 0

efy=4.95 efx=8.2

		$\phi 3.0$		
				d1 : 3.70
5	M1	$\alpha 1 : 45$		
		rdy:-28.99984 YAD: 1.02760×10^{-4} YAOD: 4.79855×10^{-4} XAD: -1.36455×10^{-4} BC: 8.13423×10^{-3} QC: 1.80359×10^{-4}	rdx:-152.90201 YAE: 2.99852×10^{-6} YAOE: -4.17507×10^{-5} XAE: -5.95804×10^{-6} BD: -9.77759×10^{-4} QD: -3.29024×10^{-6}	BE: -1.00790×10^{-4} QE: -1.77485×10^{-5}
10	M2	$\alpha 2 : 45$		d2 : 9.6
		rdy:-37.56346 YAD: 1.53014×10^{-6} YAOD: 5.67901×10^{-5} BC: 6.07494×10^{-3} BOC: -9.43947×10^{-2}	rdx: 37.86628×10^{-8} YAE: 5.28690×10^{-7} YAOE: 7.36468×10^{-7} BD: 2.66522×10^{-4} BOD: -1.73317×10^{-3}	BE: 5.04359×10^{-7} BOE: -1.64912×10^{-5}
15	M3	$\alpha 3 : 37.5$		d3 : 21.93
		rdy:-42.02344 YAD: 5.61442×10^{-7} YAOD: 3.89467×10^{-5} BC: -1.21973×10^{-3} BOC: -9.84872×10^{-3}	rdx: -15.28639×10^{-8} YAE: 7.00253×10^{-7} YAOE: 6.00934×10^{-7} BD: -1.09018×10^{-6} BOD: 3.85896×10^{-5}	BE: -6.01116×10^{-9} BOE: 1.54447×10^{-7}
20	M4	$\alpha 4 : 30$		d4 : 19.0
		rdy:-21.02911 YAD: -1.34023×10^{-4} YAOD: -2.59123×10^{-4} XAD: 7.69818×10^{-5} BC: -1.82143×10^{-2} QC: 4.75773×10^{-4}	rdx: -6.57700×10^{-6} YAE: 3.82257×10^{-6} YAOE: -2.53186×10^{-5} XAE: 5.27296×10^{-6} BD: -1.26425×10^{-4} QD: 2.40033×10^{-5}	YAF: -1.65579×10^{-7} YAOF: 2.98831×10^{-7} YAOG: -1.17970×10^{-8} BE: 6.71129×10^{-6} QE: -3.64543×10^{-7}
	像面	$\alpha 5 : 16$		d5 : 7.7

表 1 1

efy=4.95 efx=8.2

		$\phi 3.5$	
			d1 : 3.70
5	M1	$\alpha 1 : 45$ rdy:-28.36101 rdx:-106.68403 YAD:1.10697 $\times 10^{-4}$ YAE:2.99391 $\times 10^{-6}$ YAOD:5.79682 $\times 10^{-4}$ YAOE:-4.14654 $\times 10^{-5}$ XAD:-1.29369 $\times 10^{-4}$ XAE:3.35450 $\times 10^{-7}$ BC:1.11679 $\times 10^{-2}$ BD:6.83405 $\times 10^{-4}$ BE:-7.47472 $\times 10^{-5}$ QC:-3.87840 $\times 10^{-4}$ QD:3.81498 $\times 10^{-5}$ QE:-2.08261 $\times 10^{-6}$	
10	M2	$\alpha 2 : 45$ rdy:-39.31311 rdx:27.92454 YAD:2.16018 $\times 10^{-7}$ YAE:2.99374 $\times 10^{-8}$ YAOD:5.60292 $\times 10^{-5}$ YAOE:7.09183 $\times 10^{-7}$ BC:7.55866 $\times 10^{-3}$ BD:2.71136 $\times 10^{-4}$ BE:2.69578 $\times 10^{-7}$ BOC:-7.07328 $\times 10^{-2}$ BOD:-1.68621 $\times 10^{-3}$ BOE:-1.72513 $\times 10^{-5}$	d2 : 9.6
15	M3	$\alpha 3 : 37.5$ rdy:-43.63003 rdx:-17.35842 YAD:7.18754 $\times 10^{-7}$ YAE:5.41462 $\times 10^{-8}$ YAOD:4.82396 $\times 10^{-5}$ YAOE:6.70946 $\times 10^{-7}$ BC:-9.91360 $\times 10^{-4}$ BD:-7.75342 $\times 10^{-7}$ BE:-7.57007 $\times 10^{-9}$ BOC:-5.65695 $\times 10^{-3}$ BOD:4.13483 $\times 10^{-5}$ BOE:1.39542 $\times 10^{-8}$	d3 : 22.15
20	M4	$\alpha 4 : 30$ rdy:-20.71904 rdx:-7.03109 YAD:-1.30093 $\times 10^{-4}$ YAE:4.17720 $\times 10^{-6}$ YAF:-1.52547 $\times 10^{-7}$ YAG:1.00136 $\times 10^{-9}$ YAOD:-2.74354 $\times 10^{-4}$ YAOE:-2.05378 $\times 10^{-5}$ YAOF:3.86108 $\times 10^{-7}$ YAOG:-1.04814 $\times 10^{-8}$ XAD:7.90990 $\times 10^{-5}$ XAE:1.59051 $\times 10^{-6}$ BC:-1.94677 $\times 10^{-2}$ BD:-8.78028 $\times 10^{-5}$ BE:7.74365 $\times 10^{-6}$ QC:6.58999 $\times 10^{-4}$ QD:7.66549 $\times 10^{-6}$ QE:-2.82293 $\times 10^{-7}$	d4 : 22.5
	像面	$\alpha 5 : 16$	d5 : 7.7

表 1 2

efy=4.95 efx=8.2

		$\phi 3.0$	
			$d1 : 4.61$
5	M1	$\alpha 1 : 45$ rdy:-26.05860 rdx:-231.38724 YAD: 1.13086×10^{-4} YAE: 3.51177×10^{-6} YAOD: 6.95109×10^{-4} YAOE: -3.68896×10^{-5} XAD: -8.99603×10^{-4} XAE: 5.89230×10^{-5} BC: -2.80934×10^{-2} BD: 5.15443×10^{-3} BE: -3.44450×10^{-4} QC: -7.07468×10^{-4} QD: 1.31488×10^{-4} QE: -1.05427×10^{-6}	
10	M2	$\alpha 2 : 45$ rdy:-47.14360 rdx:14.09192 YAD: 1.05855×10^{-5} YAE: -5.15419×10^{-8} YAOD: 1.61859×10^{-4} YAOE: 3.57701×10^{-7} BC: 8.86211×10^{-3} BD: 2.79229×10^{-4} BE: -1.51749×10^{-7} BOC: -8.51733×10^{-2} BOD: -1.33082×10^{-3} BOE: -1.67158×10^{-5}	$d2 : 10.77$
15	M3	$\alpha 3 : 37.5$ rdy:-48.71404 rdx:-20.18595 YAD: -3.39048×10^{-6} YAE: -3.93960×10^{-10} YAOD: 3.51027×10^{-5} YAOE: 6.87239×10^{-7} BC: -7.23384×10^{-4} BD: 1.68686×10^{-6} BE: -2.02686×10^{-8} BOC: -1.28481×10^{-3} BOD: 1.87548×10^{-5} BOE: 7.68548×10^{-9}	$d3 : 19.85$
20	M4	$\alpha 4 : 30$ rdy:-19.60674 rdx:-8.10187 YAD: -1.24501×10^{-4} YAE: 4.20698×10^{-6} YAF: -1.53240×10^{-7} YAG: 1.57661×10^{-9} YAOD: -2.99700×10^{-4} YAOE: -1.98046×10^{-5} YAOF: 4.44908×10^{-7} YAOG: -6.01927×10^{-9} XAD: -4.36066×10^{-4} XAE: 1.34309×10^{-5} BC: -1.84671×10^{-2} BD: 5.84417×10^{-4} BE: -3.57662×10^{-5} QC: 1.67513×10^{-4} QD: 4.57392×10^{-5} QE: -1.83992×10^{-6}	$d4 : 32$
	像面	$\alpha 5 : 16$	$d5 : 7.67$

表 1 3

efy=4.95 efx=4.95

		$\phi 3.2$	
		$d1:3.00$	
5	M1	$\alpha 1:45$ rdy:-56.05448 BC: -2.8969×10^{-4}	rdx:-216.244
10	M2	$\alpha 2 : 45$ rdy:-43.65798 YAD: -7.8390×10^{-6} YAOD: -1.4886×10^{-4} BC: 1.9375×10^{-2} BOC: -1.4554×10^{-1}	rdx:38.709 BD: -7.2563×10^{-6} BOD: -2.3041×10^{-3} BOE: 1.4646×10^{-5}
15	M3	$d2 : 8.69$	
20	M4	$\alpha 3 : 38.25$ rdy:-37.19418 YAD: 3.4667×10^{-6} YAOD: 6.0230×10^{-5} BC: -1.1697×10^{-3} BOC: -1.3653×10^{-2}	rdx:-15.512 YAE: -9.7392×10^{-9} YAOE: 1.1883×10^{-7} BD: -5.5848×10^{-6} BOD: 5.6768×10^{-6} BE: 3.1089×10^{-8} BOE: 7.0581×10^{-7}
		$d3 : 22.42$	
		$d4 : 21.20$	
		$d5 : 6.00$	
	像面	$\alpha 5 : 2.7$	

本実施形態によれば、高度に収差補正機能を有する湾曲軸Xトーリック面形状、湾曲軸Yトーリック面形状のミラーを偏芯して配置したので、光束を遮ることなく像面まで導き、良好に結像することができる。

また、2枚構成と比較して光学性能の向上を図ることができ、さらに
5 F値3.5以下を達成しているので、高解像度、高感度が要求されるシステムに用いることができる。表3～13に示した各実施例の収差図を、それぞれ図6～16に示す。

なお、本実施形態では、ミラー面の形状を前記の式(1)～(5)、又は式(6)～(10)で定義したが同様の面であれば、異なる定義式で
10 もよい。

また、反射面が4面の反射型光学装置の場合で説明したが、反射面が
15 3面の場合でもよい。反射面が3面以上であれば、2枚構成と比較して光学性能の向上を図ることができる。このため、高解像度、高感度が要求されるシステムに用いることができ、赤外域(波長3～5μm又は8～12μm)の撮像において必要な解像度を得ることができる。

このような必要な解像度を得るために、回折の影響が少なくなる程度にF値を小さくする必要があるが、本実施形態のように、反射面が3面以上であれば、このことが可能である。例えば波長10μm、F値1.9の場合、35(1.P/mm)でMTF20%以上が可能となり、F値1.6の場合、40(1.P/mm)でMTF20%以上が可能となり、高解像度、高感度が要求される赤外域撮像システムに用いることができる。
20

(実施の形態3)

図17は本発明の実施形態3に係る撮像装置を示す構成図である。本図に示した撮像装置は、開口窓11、第1ミラー12、第2ミラー13、
25 及び2次元撮像素子14を備えている。第1ミラー12、及び第2ミラー13の配置、面形状は実施形態1と同様である。開口窓11は、撮像

に必要な波長帯を透過すると同時に光束径を制限する開口絞りの機能を果たし、粉塵を光学系内部に進入しないように防ぐ機能も有している。

物体から発せられた光束は、絞り位置に配置した開口窓 11 で光束を制限され、ミラー 12、13 によって 2 次元撮像素子 14 に結像される。

- 5 そして、2 次元撮像素子 14 で電気信号となった映像が出力される（矢印 a）。

本実施形態によれば、実施形態 1 の反射型光学装置と光強度を電気信号に変換する検出手段とを備え、さらに検出手段として 2 次元撮像素子を用いているので、広角でかつ解像度の高い映像信号を得ることができる。さらに、赤外域（波長 3～5 μm 又は 8～12 μm）の光線に感度を持つ 2 次元撮像素子を用いれば、赤外像を撮像することができる。

（実施の形態 4）

図 18 は、本発明の実施形態 4 に係るマルチ波長撮像装置を示す構成図である。本図において 11 から 13 の構成は、実施形態 3 と同じである。本実施形態 4 では、波長選択フィルター 15、赤外撮像素子 16、可視撮像素子 17 を備えており、波長選択フィルター 15 は赤外域（波長 3～5 μm 又は 8～12 μm）の光線のみを透過し可視域（波長 400～750 μm）の光線を反射し、赤外撮像素子 16 は赤外域の光線に感度を持ち、可視撮像素子 17 は可視域の光線に対して感度を持つ。

20 物体から発せられた 2 つの波長帯（可視域、赤外域）の光束は、絞り位置に配置した開口窓 11 で光束を制限され、2 枚構成のミラー 12、13 によって集束光束となり、波長選択フィルター 15 で赤外域の光束は透過し、2 次元撮像素子 16 に結像され、電気信号となった映像が出力される（矢印 b）。

25 波長選択フィルター 15 で反射された可視域の光束は、2 次元撮像素子 17 に結像され、電気信号となった映像が出力される（矢印 c）。2 つ

の波長帯の光束は、全く色収差を発生しないミラーのみで構成された光学系によって結像するので、同等の光学性能を達成することができる。

また、撮像素子として赤外撮像素子と可視撮像素子とを用いているので、昼間の撮像に適した可視域と、夜間の撮像に適した赤外域の撮像が可能となる。すなわち、本実施形態によれば、反射型光学装置は光速を集束させる光学系が反射面のみで構成されているので、赤外域（波長3～5μm又は8～12μm）から可視域（波長400～750μm）、紫外域（波長200～400nm）までどの波長帯でも使用可能であり、複数の波長帯に感度を持つ検出手段と組み合わせることにより、一つの光学系で同時に複数の波長帯の映像を撮像することが可能となる。

（実施の形態5）

図19は、本発明の実施形態5に係るマルチ波長撮像装置を示す構成図である。本図において、11から13の構成は実施形態3と同じである。本実施形態では、赤外域と可視域のどちらの光線に対しても感度を持つマルチ波長撮像素子18を備えている。

物体から発せられた2つの波長帯（可視域、赤外域）の光束は、絞り位置に配置した開口窓11で光束を制限され、2枚構成のミラー12、13によってマルチ波長撮像素子18に結像される。

2つの波長帯の光束は、全く色収差を発生しないミラーのみで構成された光学系によって結像するので、同等の光学性能を達成することができる。また、マルチ波長撮像素子18は同一撮像面内に可視域に感度を持つ領域と、赤外域に感度を持つ領域を離散的に配置している。このため、2つの波長帯の映像を遠赤外域映像信号（矢印d）と可視域映像信号（矢印e）の2種類の電気信号に変換し出力することができる。

すなわち、本実施形態によれば、一つの光学系と一つの撮像素子とで複数の波長帯の映像を同時に撮像することが可能となる。

(実施の形態 6)

図 20 は、本発明の実施形態 6 に係る車載用監視装置を示す構成図である。本図に示した車載用監視装置は、実施形態 4 のマルチ波長撮像装置 19 と、表示装置 20 を備えている。

5 マルチ波長撮像装置 19 から出力される 2 波長帯（可視域、赤外域）の映像は、表示装置 20 によって表示され、運転者は必要に応じて情報を得ることができる。たとえば、昼間外部が明るい場合には、主として可視光による映像から情報を得て、また、夜間は赤外線による映像から、人、車の位置など貴重な情報を得ることができる。すなわち、本実施形態によれば、前走車、人等の位置情報を昼夜を問わず高精度に得ることができる。

(実施の形態 7)

図 21 は、本発明の実施形態 7 に係る反射型光学装置の構成を示す斜視図である。本図に示した反射型光学装置 21 は、シェル形状の前側光学部材 22 と後側光学部材 23 とが境界面 25 を挟んで対向配置され双方が一体化し、中空部が形成されている。前側光学部材 22 には撮像のための光束が入射する開口 24 が設けられている。

図 22 は、図 21 に示した反射型光学装置 21 の境界面 25 の垂直方向における断面図を示している。撮像のための開口 24 から入射した光束は、光軸 26 に沿ってシェル形状の後側光学部材 23 の内面に形成された反射面 27 を反射した後、シェル形状の前側光学部材 22 の内面に形成された反射面 28 により反射され、感光特性を有する部材 29 上に結像する。

反射面 27 又は反射面 28 は、少なくとも一つが自由曲面で構成されており、偏心光学系における良好な結像を得ることができる。自由曲面には、例えば図 2 に示した湾曲軸 Y トーリック面（前記式（1）～（5））、

又は湾曲軸Xトーリック面（前記式（6）～（10））を用いることができる。

このような自由曲面からなる反射面をシェル形状の光学部材の内面に導入することにより、偏心光学系における収差補正能力が得られ、従来 5 ない光路を有する光学系の構成が可能となる。さらに反射面自身による遮蔽が抑制され画角の大きな光学系を得ることができる。すなわち、本実施形態のように複数のシェル形状の光学部材を対向配置して一体化することにより、低コスト化と小型化を両立させ、かつ収差補正能力を高め、画角を大きくした反射型光学装置が構成できる。

10 図23は、図21に示した反射型光学装置21の境界面25の垂直方向における断面図を示している。本図に示した反射型光学装置は、結像を反射型光学装置21の外部に生じさせるための開口30が形成されている。

撮像のための開口24から入射した光束は、光軸26に沿ってシェル 15 形状の後側光学部材23の内面に形成された反射面27を反射した後、シェル形状の前側光学部材22の内面に形成された反射面28により反射され結像のための開口30の外部に設けられた感光特性を有する部材 29上に結像する。

なお、本実施形態では、反射面の形状を前記の式（1）～（5）、又は 20 式（6）～（10）で定義したが、同様の面であれば異なる定義式でもよい。

（実施の形態8）

図24は、光学部材が樹脂成形物で形成された反射面の領域に金属薄膜を形成した反射型光学装置を示している。シェル形状の前側光学部材 25 22は、樹脂材料を熱プレスまたは射出成形により所望形状に成形した後に反射面の領域に金属薄膜31を真空蒸着またはメッキにより形成し

たものである。

同様に、シェル形状の後側光学部材 23 は、樹脂材料を熱プレスまたは射出成形により所望形状に成形した後に反射面の領域に金属薄膜 32 を真空蒸着またはメッキにより形成したものである。このような構成によれば、全体は樹脂成形物とし、反射面のみに金属薄膜を形成すればよいので、低コストの反射型光学装置を得ることができる。

金属薄膜に用いる材料は、対象とする被写体からの波長に最適なものを選択することができ、アルミニウム、金、銀、銅または亜鉛等を用いることができる。アルミニウムは、低コストでありながら反射率も良好である。金は、耐霧囲気特性に優れ、赤外域の反射率が良好である。銀は、コスト的にも産業用途に使用でき、反射率も良好である。銅は、低コストでありながら赤外域の反射率は良好である。亜鉛は、低コストでありながら赤外域の反射率も比較的良好である。

なお、アルミニウム、銀、銅、亜鉛等を用いて金属薄膜を形成した反射面は、酸化により反射率が減衰し易いので、 SiO_2 などを金属薄膜上に形成することが望ましい。

(実施の形態 9)

図 25 は、光学部材が金属で形成されている反射型光学装置を示している。金属で形成されたシェル形状の前側光学部材 22 の内面には反射面に相当する領域 33 が形成されている。同様に、金属で形成されたシェル形状の後側光学部材 23 の内面には反射面に相当する領域 34 が形成されている。各反射面 33, 34 はそれぞれのシェル形状の光学部材 22, 23 をプレス成形またはダイキャスト成形と同時に形成することができる。また、成形後に切削ツールにより反射面を形成することができる。

光学部材に用いる材料は、対象とする被写体からの波長に最適なもの

を選択することができ、アルミニウム、金、銀、銅、または亜鉛等を用いることができる。アルミニウムは、低コストでありながら加工性、反射率も良好である。金は、耐霧囲気特性に優れ、赤外域の反射率が良好である。銀はコスト的にも産業用途に使用でき、反射率も良好である。
5 銅は、低コストでありながら、加工性と赤外域の反射率は良好である。亜鉛は、低コストでありながら加工性は良好である。

なお、アルミニウム、銀、銅、または亜鉛等を用いた光学部材の表面に形成した反射面は酸化により反射率が減衰しやすいので SiO_2 などを光学部材表面上に形成することが望ましい。

10 さらに、図 26 に示したように金属で形成したシェル形状の光学部材 22, 23 の表面に形成された反射面に相当する領域に金属薄膜 35, 36 を形成すれば光学特性がより向上する。

一般に、構造物を構成する金属材料と比較すると、真空蒸着またはメッキに用いられる金属材料は純度が高く、これら金属材料により形成される金属薄膜の反射率はより良好である。金属薄膜に用いる材料は、対象とする被写体からの波長に最適なものを選択することができ、アルミニウム、金、銀、銅、または亜鉛等を用いることができる。アルミニウムは、低コストでありながら反射率も良好である。金は、耐霧囲気特性に優れ、赤外域の反射率が良好である。銀は、コスト的にも産業用途に使用でき、反射率も良好である。銅は、低コストでありながら赤外域の反射率は良好である。亜鉛は、低コストでありながら赤外域の反射率も比較的良好である。
15
20
25

なお、アルミニウム、銀、銅等を用いた金属薄膜を形成した反射面は酸化により反射率が減衰しやすいので SiO_2 などを金属薄膜上に形成することが望ましい。

(実施の形態 10)

図27は、シェル形状の前側光学部材22と後側光学部材23とが対向配置され一体化され、前側光学部材22に設けられた開口24に撮像に必要な波長域の光束が透過する窓材38を付加した反射型光学装置を示している。

5 本実施形態によれば、必要な光束を透過させながらシェル形状の前側光学部材22と後側光学部材23とが一体化して形成された中空状の空間内に外部から塵埃や水滴が侵入することを防止することができる。

窓材38は、撮像に必要な波長域の光束を透過し、それ以外の波長域の光束を遮蔽する材料とすることが好ましい。このことにより、不要な
10 波長域の光束を反射型光学装置内に取り込むことがなくなり、コントラストの良好な画像を得ることができる。

窓材にゲルマニウムを用いると、可視域を遮蔽し赤外域を透過させることができ。これにより、可視域の光束の影響がない赤外域の光束を使った撮像が可能になる。同様に、窓材にシリコンを用いても、可視域を遮蔽し赤外域を透過させることができ、可視域の光束の影響がない赤
15 外域の光束を使った撮像が可能になる。窓材にポリエチレンを用いると、可視域と赤外域とを透過させることができ、可視域と赤外域の光束と共に使った撮像が可能になる。同様に、窓材にZnSeを用いると、可視域と赤外域とを透過させることができ、可視域と赤外域の光束を共
20 に使った撮像が可能になる。また必要に応じて、これ以外の材料を用いて窓材を構成することができる。例えば、CaF₂やBaF₂を用いることができる。

図27に示したように窓材38は平板から構成される。平板形状は加工が容易かつ低コストであり、光学部材への付加も容易である。窓材は
25 レンズ形状でレンズ作用を有することが好ましい。このことにより、結像に寄与する光学的パワーを窓材にも分担させることができとなり、全

系での収差補正能力が高まり光学性能を向上させることが可能となる。

(実施の形態 1 1)

図 2 8 は、シェル形状の前側光学部材 2 2 と後側光学部材 2 3 からなる反射型光学装置に、後側光学部材 2 3 に設けた結像用の開口 3 0 の外 5 部に撮像素子 3 9 を付加した撮像装置を示している。撮像素子 3 9 には、CCD 素子、熱－抵抗変換機能を利用したボロメータアレイ素子、または熱一起電力変換機能を利用したパイロメータアレイ素子等を用いるこ とができる。

可視域に感度を有する撮像素子として CCD 撮像素子を用いることで 10 可視域に関する撮像が可能となる。赤外域に感度を有する撮像素子としてボロメータアレイ素子またはパイロメータアレイ素子を用いることで 赤外域に関する撮像が可能となる。モノリシックにフォトダイオードア 15 レイとボロメータアレイまたはパイロメータアレイを形成した撮像素子 を用いることで、可視域と赤外域の両方に関する撮像が可能となる。

15 (実施の形態 1 2)

図 2 9 は、本発明に係る撮像装置 4 0 を車両 4 1 に搭載し、車載用視 20 覚支援装置を含む車載用監視装置として用いた一例を示している。撮像 装置 7 0 により車両 9 2 の前方の状況を撮像する。この画像を画像処理 25 すれば、走行レーン逸脱の有無を検出することができる。また、運転席 に設けられた表示装置（図示せず）に表示することで、人間の視覚を補 助することができる。

さらに、赤外域の感度を有する撮像素子を用いた撮像装置であれば、夜間の人間の視覚では認識できない状況を撮像することができる。また、撮像装置は車両の側方あるいは後方にも搭載することができ各種状況に 25 応じた必要な撮像を可能とする。

(実施の形態 1 3)

図30は、本発明の実施形態13に係る反射型光学装置の構成を示す斜視図である。シェル形状の前側光学部材43と後側光学部材44とは、それぞれの凹み面同士が対向した状態で境界面46で接合されて一体化されている。前側光学部材43には開口が設けられており、開口の物体側（外側）には窓材45が設けられている。撮像用の光束は窓材45と開口を経由して入射する。窓材45は、入射する赤外線のうち、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する。このような窓材45を設けたことにより、不要な波長域の光束を反射型光学装置内に取り込まないようにできるので、コントラストの良好な画像を得ることができる。

図31は、図30に示した反射型光学装置42を、光軸を含み境界面46に垂直な面で切断した断面図である。撮像用の窓材45を経て、開口51から入射した光束は、光軸47に沿ってシェル形状の後側光学部材44の内面に形成された反射面48とシェル形状の前側光学部材43の内面に形成された反射面49とを反射した後、感光特性を有する感光部材50上に結像する。

反射面48及び反射面49のうち、少なくとも一つが自由曲面で構成されており、偏心光学系における良好な結像を得ることができる。自由曲面には、例えば図2に示した湾曲軸Yトーリック面（前記式（1）～（5））、又は湾曲軸Xトーリック面（前記式（6）～（10））を用いることができる。

このような自由曲面からなる反射面をシェル形状の光学部材の内面に導入することにより、偏心光学系における収差補正能力が得られ、従来にない光路を有する光学系の構成が可能となる。さらに反射面自身による遮蔽が抑制され画角の大きな光学系を得ることができる。すなわち、本実施形態のように複数のシェル形状の光学部材を対向配置して一体化

することにより、低コスト化と小型化を両立させ、かつ収差補正能力を高め、画角を大きくした反射型光学装置が構成できる。

図32に示した反射型光学装置は、図30に示した反射型光学装置42に、結像を反射型光学装置42の外部に生じさせるための開口52を形成したものである。撮像用の窓材45を経て開口51から入射した光束は、光軸47に沿ってシェル形状の後側光学部材44の内面に形成された反射面48と、シェル形状の前側光学部材43の内面に形成された反射面49とを反射した後、開口52の外部に設けられた感光特性を有する感光部材50上に結像する。

10 ここで、窓材45は、透明基材上に屈折率の低い誘電体と屈折率の高い誘電体とで形成された薄膜を交互に蒸着形成した多層膜によって構成する。透明基材としては、ガラス材料、樹脂材料、CaF₂、BaF₂、又ZnSeを用いる。また、窓材45は赤外線を吸収するガラス材料から構成してもよく、赤外線を吸収する樹脂材料から構成してもよい。

15 窓材45は平板で形成することが好ましい。平板形状は加工が容易で、かつ低コストで加工可能であり、前側光学部材への付加も容易である。窓材45は、レンズ形状を有し、レンズ作用を持っていることがより好ましい。このことにより、結像に寄与する光学的パワーを窓材45にも分担させることができるとなり、全系での収差補正能力が高まり光学性能20 を向上させることが可能となる。

感光部材50が、可視域と遠赤外域の両方に感度を有する場合には、窓材の赤外線を透過しない波長域は近赤外域が好ましい。このようにすることで、各波長域に感度を有する部材に不要光となる成分の光線の入射を抑制することができる。近赤外域の波長域としては、700nmから1100nmの範囲が好ましい。不要光となる近赤外域の透過率は10%以下の透過率とすることが、より好ましい。このことにより、良好

な撮像ができる。すなわち、可視域の分光波長成分に影響を与えることが無く、望ましい色調の画像を撮像できる。同時に、遠赤外域の分光波長成分にも影響が無く、熱画像の撮像が可能である。

図33は、開口52の外部に撮像素子54を付加した撮像装置53の断面図を示している。撮像素子54には、CCD素子、熱一抵抗変換機能を利用したポロメータアレイ素子、又は熱一起電力変換機能を利用したパイロメータアレイ素子等を用いることができる。

撮像素子54としてCCD撮像素子を用いれば、可視域に関する撮像が可能となる。この場合の窓材45は、赤外線を透過しない特性がよい。
10 撮像素子54としてポロメータアレイ素子又はパイロメータアレイ素子を用いることで赤外域に関する撮像が可能となる。また、モノリシックにフォトダイオードアレイと、ポロメータアレイ又はパイロメータアレイとを形成した撮像素子54を用いることで、可視域と赤外域の両方の撮像が可能となる。この場合の窓材45は、近赤外域を透過しない特性
15 がよい。

なお、本実施形態では、反射面の形状を前記の式(1)～(5)、又は式(6)～(10)で定義したが、同様の面であれば異なる定義式でもよい。

また、撮像素子54を反射型撮像装置53の内部に設けてもよい。また、各光学部材43、44に複数の反射面を設けることができ、この場合は収差補正能力をより高めることができる。

(実施の形態14)

図34は、実施形態14に係る反射型光学装置の断面図を示している。前側光学部材43の内面の反射面となる領域には、入射する赤外線のうち、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線を反射しない光学特性を有する膜55が形成されている。同様に、後側光学部材44の内面の反射面

となる領域にも、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線を反射しない光学特性を有する膜膜5 6が形成されている。膜5 5、5 6は、真空蒸着や塗布によって形成される。

このような構成とすることにより、開口5 1から入射した光束の中から撮像に必要な分光成分のみを結像に寄与させることができ、不要な波長域の光束を抑制することができるので、コントラストの良好な画像を得ることができる。さらには、構成部品点数が少ないので低コスト化が可能である。

膜5 5、5 6が形成されている各反射面は、少なくとも一つが自由曲面で構成されており、偏心光学系における良好な結像を得ることができる。自由曲面には、例えば図2に示した湾曲軸Yトーリック面（前記式(1)～(5)）、又は湾曲軸Xトーリック面（前記式(6)～(10)）を用いることができる。

この例のような式で定義される自由曲面で形成された反射面を、各光学部材4 3、4 4の内面に導入することにより、偏心光学系における収差補正能力が得られ、従来にない光路を有する光学系の構成が可能となる。さらに反射面自身による遮蔽が抑制され画角の大きな光学系を得ることができる。すなわち、本実施形態のように複数のシェル形状の光学部材を対向配置して一体化することにより、低コスト化と小型化を両立させ、かつ収差補正能力を高め、画角を大きくした反射型光学装置が構成できる。

図3 5は、開口5 2を設けた反射型光学装置の断面図である。開口5 2、感光部材5 0以外の構成は、図3 4に示した反射型光学装置と同様の構成である。開口5 2は、結像を反射型光学装置の外部に生じさせるためのものである。撮像用の開口5 1から入射した光束は、シェル形状の後側光学部材4 4の内面に形成された反射面と、シェル形状の前側光

学部材 4 3 の内面に形成された反射面とを反射した後、結像用の開口 5 2 の外部に設けられた感光特性を有する感光部材 5 0 上に結像する。

膜 5 5 、 5 6 を真空蒸着により形成するには、光学部材 4 3 、 4 4 の内面に屈折率の低い誘電体と屈折率の高い誘電体とで形成された薄膜を 5 交互に蒸着形成した多層膜を形成する。塗布によって形成するには、光学部材 4 3 、 4 4 の内面にあらかじめ形成した反射面上に、アクリル樹脂等の可視域では透明であるが、赤外域では吸収する特性を有する材料を塗布する。

膜 5 5 、 5 6 の光学特性として、可視域より長波長域を反射しない光学特性とし、好ましくは 7 0 0 n m より大きい波長域を反射しない光学特性とする。このことにより、結像光束は可視域の分光成分のみからなるため、望ましい色調の画像を撮像できる。

感光特性を有する感光部材 5 0 が、可視域と遠赤外域の両方に感度を有する場合には、膜の赤外線を反射しない波長域は近赤外域が好ましい。 15 このようにすることで、各波長域に感度を有する部材に不要光となる成分の光線の入射を抑制することができる。近赤外域の波長域としては、 7 0 0 n m から 1 1 0 0 n m の範囲が好ましい。不要光となる近赤外域の反射率は 1 0 % 以下の反射率とすることが、より好ましい。このことにより、良好な撮像ができる。すなわち、可視域の分光波長成分に影響 20 を与えることが無く、望ましい色調の画像を撮像できる。同時に、遠赤外域の分光波長成分にも影響が無く、熱画像の撮像が可能である。

図 3 6 に示した反射型光学装置 5 7 は、開口 5 2 の外部に撮像素子 5 4 を付加している点が、図 3 5 に示した反射型光学装置と異なる。撮像素子 5 4 は、 C C D 素子、熱－抵抗変換機能を利用したボロメータアレイ素子、又は熱－起電力変換機能を利用したパイロメータアレイ素子等 25 を用いることができる。

撮像素子 5 4 に、 C C D 撮像素子を用いることで、可視域に関する撮像が可能となる。この場合は、反射面は赤外線を反射しない特性がよい。
撮像素子 5 4 に、ボロメータアレイ素子又はパイロメータアレイ素子を用いることで、赤外域に関する撮像が可能となる。モノリシックにフォ
トダイオードアレイと、ボロメータアレイ又はパイロメータアレイを形成した撮像素子を用いることで、可視域と赤外域の両方に関する撮像が可能となる。この場合の反射面は、近赤外域を反射しない特性がよい。

なお、本実施形態では、反射面の形状を前記の式（1）～（5）、又は式（6）～（10）で定義したが、同様の面であれば異なる定義式でも
よい。

また、撮像素子 5 4 をシェル形状の反射型撮像装置 5 7 の内部に設けてもよい。また、各光学部材 4 3、4 4 に複数の反射面を設けることができ、この場合は収差補正能力をより高めることができる。

（実施の形態 1 6）

図 3 7 は、本発明の反射型固体光学装置の構成を示す斜視図である。絞り 8 1 が反射型固体光学装置 8 0 の入射側に設けられている。図 3 8 は、光軸 4 7 を含む面で切断した断面図である。反射型固体光学装置 8 0 は、入射する赤外線のうち、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する固体の光学媒質を用いて、中実状に形成されている。この光学媒質の表面には、少なくとも一つが自由曲面で形成された面 9 1、9 2 が形成されている。面 9 1、9 2 上には、反射膜 9 3、9 4 が形成され、光学系が一体化されている。

絞り 8 1 から入射した撮像のための光束は、光軸 4 7 に沿って中実状の光学媒質中を進行し、反射膜 9 4 と自由曲面の面 9 2 とにより形成された反射面、及び反射膜 9 3 と自由曲面の面 9 1 とにより形成された反射面により反射され、感光特性を有する感光部材 5 0 上に結像する。

このことにより、不要な波長域の光束を感光部材 50 に取り込むことが無くなり、コントラストの良好な画像を得ることができる。さらには、構成部品点数が少ないので低コスト化が可能である。

面 91、92 は少なくとも一つが自由曲面で形成されており、偏心光学系における良好な結像を得ている。自由曲面には、例えば図 2 に示した湾曲軸 Y トーリック面（前記式（1）～（5））、又は湾曲軸 X トーリック面（前記式（6）～（10））を用いることができる。

この例のような式で定義される自由曲面で形成された反射面を、固体の光学媒質表面に導入することにより、偏心光学系における収差補正能力が得られ、従来にない光路を有する光学系の構成が可能となる。さらに反射面自身による遮蔽が抑制され画角の大きな光学系を得ることができる。すなわち、本実施形態のように複数の反射面が固体の光学媒質表面に一体化することで、低コスト化と小型化を両立させ、かつ収差補正能力を高め、画角を大きくした反射型固体光学装置が構成できる。

光学媒質の光学特性として、可視域より長波長域を透過しない光学特性とし、好ましくは 700 nm より大きい波長域を透過しない光学特性とする。このことにより、結像光束は可視域の分光成分のみからなるため、望ましい色調の画像を撮像できる。

感光特性を有する感光部材 50 が、可視域と遠赤外域の両方に感度を有する場合には、光学媒質の赤外線を透過しない波長域は近赤外域が好ましい。このようにすることで、各波長域に感度を有する部材に不要光となる成分の光線の入射を抑制することができる。近赤外域の波長域としては、700 nm から 1100 nm の範囲が好ましい。不要光となる近赤外域の透過率は 10 % 以下の透過率とすることが、より好ましい。

このことにより、良好な撮像ができる。すなわち、可視域の分光波長成分に影響を与えることが無く、望ましい色調の画像を撮像できる。同時

に、遠赤外域の分光波長成分にも影響が無く、熱画像の撮像が可能である。

図39に示した反射型固体光学装置は、図38に示した反射型固体光学装置の感光部材50に代えて、撮像素子59を設けた点が異なる。撮像素子59は、CCD素子、熱-抵抗変換機能を利用したボロメータアレイ素子、又は熱-起電力変換機能を利用したパイロメータアレイ素子等を用いることができる。撮像素子59として、CCD撮像素子を用いることで可視域に関する撮像が可能となり、このときの光学媒質は赤外線を透過しない特性がよい。

撮像素子59として、ボロメータアレイ素子又はパイロメータアレイ素子を用いることで赤外域に関する撮像が可能となる。モノリシックにフォトダイオードアレイと、ボロメータアレイ又はパイロメータアレイを形成した撮像素子を用いることで、可視域と赤外域の両方に関する撮像が可能となる。このときの光学媒質は近赤外域を透過しない特性がよい。

なお、本実施形態では、反射面の形状を前記の式(1)～(5)、又は式(6)～(10)で定義したが、同様の面であれば異なる定義式でもよい。

(実施の形態17)

図40は、本発明に係る撮像装置110をビデオカメラ装置111に搭載した様子を示す。撮像装置110は、被写体の画像を反射型光学装置又は反射型固体光学装置により撮像素子上に結像し、画像信号を出力する。画像信号は、図示はしていないが、電気回路と機構とにより記録媒体上に記録される。撮像装置が小型、低コスト、かつ高コントラストであるため、ビデオカメラ装置の小型、低コスト化、及び高性能化に有効である。

(実施の形態 18)

図29は、本発明に係る撮像装置110を車両41に搭載し、車載用監視装置の一つである車載用視覚支援装置を構成した様子を示す。撮像装置110により、車両41の前方の状況を撮像する。この画像を、車載用視覚支援装置を構成する画像処理装置（図示せず）によって処理することにより、走行レーン逸脱の有無、又は前方走行車両の検出、さらには前方の障害物の検出等ができる。

また、この画像を運転席に設けられた表示装置（図示せず）に表示することで、人間の視覚を補助することができる。さらに、赤外域の感度を有する撮像素子を用いた撮像装置であれば、夜間の人間の視覚では認識できない状況を撮像することができる。また、撮像装置は車両の側方又は後方にも搭載することができるので、各種状況に応じた必要な撮像を可能とする。また、撮像装置が小型、低コスト、高コントラストであるため、撮像装置の設置の自由度が高く、高性能な車載用視覚支援装置を得ることができる。

産業上の利用可能性

以上のように本発明は、広角化を実現し、光学性能を向上し、小型化と低コストとを両立させた反射型光学装置や反射型固体光学装置として用いることができ、これらを用いた撮像装置、ビデオカメラ装置、及び車載用視覚支援装置を含む車載用監視装置としても利用できる。

請求の範囲

1. 物体からの光束を像面に結像する 2 面の非軸対称形状の反射面が、光束進行方向に沿って第 1 の反射面、第 2 の反射面の順に配置され、前記第 1 の反射面と前記第 2 の反射面とが偏芯して配置され、前記像面の中心と前記各反射面の各頂点とを含む平面で切った断面形状は、前記第 1 及び第 2 の反射面のそれぞれが凹形状であることを特徴とする反射型光学装置。
5
2. 前記第 1 の反射面と物体との間に光束を制限する絞りが配置されている請求の範囲第 1 項に記載の反射型光学装置。
10
3. 前記絞りの中心と前記第 1 の反射面の頂点との間隔を d_1 、前記像面の中心と前記第 1 及び第 2 の反射面の各頂点とを含む平面内における焦点距離を $e_f y$ とすると、
$$0.3 < d_1 / e_f y < 1.5$$
- 15 の関係を満足する請求の範囲第 2 項に記載の反射型光学装置。
4. 前記第 1 の反射面の頂点と前記第 2 の反射面の頂点との間隔を d_2 、前記像面の中心と前記第 1 及び第 2 の反射面の各頂点とを含む平面内における焦点距離を $e_f y$ とすると、
$$1.0 < d_2 / e_f y < 4.0$$
- 20 の関係を満足する請求の範囲第 2 項に記載の反射型光学装置。
5. 前記像面の中心と前記第 1 及び第 2 の反射面の各頂点とを含む平面に垂直な方向における前記第 1 の反射面の断面形状は、凹形状である請求の範囲第 1 項に記載の反射型光学装置。
6. 前記像面の中心と前記第 1 及び第 2 の反射面の各頂点とを含む平面に垂直な方向における前記第 2 の反射面の断面形状は、凹形状である請求の範囲第 1 項に記載の反射型光学装置。
25

7. 前記第1及び第2の反射面の形状は、回転中心軸を持たない自由曲面である請求の範囲第1項に記載の反射型光学装置。

8. 前記自由曲面は、頂点を原点とし、前記像面の中心と反射面の各頂点とを含む平面に垂直な方向をX、前記平面に含まれ頂点における接線方向をYとする直交座標系(X, Y)において関数 $f(X, Y)$ で定義され、各Y座標におけるX方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である湾曲軸Yトーリック面、又は各X座標におけるY方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である湾曲軸Xトーリック面である請求の範囲第7項に記載の反射型光学装置。

10. 前記第1の反射面の形状は、頂点を含むY方向断面形状が頂点における法線に関して非対称であり、X方向断面の曲率中心を結んだ曲線が法線に関して非対称である湾曲軸Yトーリック面又は湾曲軸Xトーリック面である請求の範囲第8項に記載の反射型光学装置。

15. 前記第2の反射面形状は、頂点を含むY方向断面形状が頂点における法線に関して非対称であり、X方向断面の曲率中心を結んだ曲線が法線に関して非対称である湾曲軸Yトーリック面又は湾曲軸Xトーリック面である請求の範囲第8項に記載の光学装置。

20. 11. 物体からの光束を像面に結像する少なくとも3面の反射面を有し、前記各反射面は偏芯して配置され、前記各反射面の各頂点を含む平面内におけるF値が3.5より小さく、かつ前記各反射面のうち前記物体側の2面を前記物体側から光束進行方向に沿って順に、第1の反射面、第2の反射面とすると、前記平面で切った断面形状は、前記第1及び第2の反射面のそれぞれが凹形状であることを特徴とする反射型光学装置。

25. 12. 物体からの光束を像面に結像する少なくとも3面の反射面を有し、前記各反射面は偏芯して配置され、前記各反射面の各頂点を含む平面内におけるF値が1.9より小さいことを特徴とする反射型光学装置。

13. 前記F値が1.6より小さい請求の範囲第12項に記載の反射型光学装置。

14. 前記各反射面のうち前記物体側の2面を前記物体側から光束進行方向に沿って順に、第1の反射面、第2の反射面とすると、前記平面で切った断面形状は、前記第1及び第2の反射面のそれぞれが凹形状である請求の範囲第12項に記載の反射型光学装置。

15. 物体からの光束を像面に結像する少なくとも3面の反射面を有し、前記各反射面は偏芯して配置され、前記各反射面のうち前記物体側から光束進行方向に沿って2番目の反射面を第2の反射面とすると、前記第10 2の反射面の頂点近傍の形状は、前記各反射面の各頂点を含む平面で切った断面形状が凹形状で、かつ前記平面に垂直な方向における断面形状が凸形状であることを特徴とする反射型光学装置。

16. 前記少なくとも3面の反射面の形状が非軸対称面である請求の範囲第11、12、又は15項に記載の反射型光学装置。

15 17. 前記反射面は、前記物体側から光束進行方向に沿って順に、第1の反射面、第2の反射面、第3の反射面、及び第4の反射面の4面である請求の範囲11、12、又は15項に記載の反射型光学装置。

18. 前記第3の反射面の頂点における法線と前記第3の反射面の頂点から前記第4の反射面の頂点へと向かう光軸とのなす角度(deg)を α 20 3とすると、

$$26 < \alpha 3 < 56$$

の関係を満足する請求の範囲第17項に記載の反射型光学装置。

19. 前記第1の反射面と前記物体との間に光束を制限する絞りが配置されている請求の範囲第17項に記載の反射型光学装置。

25 20. 前記絞りの中心と前記第1の反射面の頂点との間隔をd1、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離をe f yとすると、

$$0.3 < d_1 / e_f y < 1.5$$

の関係を満足する請求の範囲第19項に記載の反射型光学装置。

21. 前記絞りの中心と前記第1の反射面の頂点との間隔を d_1 、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離を $e_f y$ とすると、

$$5 \quad 0.6 < d_1 / e_f y < 1.0$$

の関係を満足する請求の範囲第19項に記載の反射型光学装置。

22. 前記第1の反射面の頂点と前記第2の反射面の頂点との間隔を d_2 、前記第3の反射面の頂点と前記第4の反射面の頂点との間隔を d_4 とすると、

$$10 \quad 0.3 < d_2 / d_4 < 1.0$$

の関係を満足する請求の範囲第19項に記載の反射型光学装置。

23. 前記第3の反射面の頂点と前記第4の反射面の頂点との間隔を d_4 、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離を $e_f y$ とすると、

$$15 \quad 2.6 < d_4 / e_f y < 7.5$$

の関係を満足する請求の範囲第19項に記載の反射型光学装置。

24. 前記第3の反射面の頂点と前記第4の反射面の頂点との間隔を d_4 、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離を $e_f y$ とすると、

$$20 \quad 3.5 < d_4 / e_f y < 6.5$$

の関係を満足する請求の範囲第19項に記載の反射型光学装置。

25. 前記第4の反射面の頂点と前記像面の中心との間隔を d_5 、前記各反射面の各頂点が含まれる平面内における焦点距離を $e_f y$ とすると、

$$0.5 < d_5 / e_f y < 2.0$$

$$25 \quad$$
 の関係を満足する請求の範囲第19項に記載の反射型光学装置。

26. 前記4面の反射面は、前記各反射面の各頂点を含む平面で切った

断面形状が全て凹形状である請求の範囲第17項に記載の反射型光学装置。

27. 前記各反射面の各頂点を含む平面に垂直な方向における断面形状のうち、前記第1の反射面の断面形状が凹形状である請求の範囲第17項に記載の反射型光学装置。

28. 前記各反射面の各頂点を含む平面に垂直な方向における断面形状のうち、前記第3の反射面の断面形状が凹形状である請求の範囲第17項に記載の反射型光学装置。

29. 前記各反射面の各頂点を含む平面に垂直な方向における断面形状のうち、前記第4の反射面が凹形状である請求の範囲第17項に記載の反射型光学装置。

30. 前記4面の反射面は非軸対称形状で、かつ回転中心軸を持たない自由曲面である請求の範囲第17項に記載の反射型光学装置。

31. 前記4面の反射面は自由曲面であり、前記自由曲面は、頂点を原点とし、各頂点を含む平面に垂直な方向をX、前記平面に含まれ頂点における接線方向をYとする直交座標系(X, Y)において関数 $f(X, Y)$ で定義され、各Y座標におけるX方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である湾曲軸Yトーリック面、又は各X座標におけるY方向断面形状の曲率半径中心を結んだ線が湾曲した曲線である湾曲軸Xトーリック面である請求の範囲第17項に記載の反射型光学装置。

32. 請求の範囲第1、11、12、又は15項に記載の反射型光学装置と、光強度を電気信号に変換する検出手段とを備えたことを特徴とする撮像装置。

33. 前記検出手段が2次元摄像素子である請求の範囲第32項に記載の撮像装置。

34. 前記検出手段が赤外域の光線に感度を持つ請求項32に記載の撮

像装置。

35. 反射面のみで光束を集束させる反射型光学装置と、複数の異なる波長帯の光線に対して感度を持つ検出手段とを備えることを特徴とするマルチ波長撮像装置。

5 36. 前記複数の異なる波長帯が赤外域、可視域、及び紫外域から選ばれる2種以上の波長帯である請求の範囲第35項に記載のマルチ波長撮像装置。

37. 前記反射型光学装置は、請求の範囲第1、11、12、又は15項に記載の反射型光学装置である請求の範囲第35項に記載のマルチ波長撮像装置。

38. 前記検出手段は、波長による光束分離手段と複数の各波長帯に対応する検出面とを有する請求の範囲第35項に記載のマルチ波長撮像装置。

39. 前記検出手段は、同一検出面内に異なる波長帯の光線に対して感度を持つ複数の領域を有する請求の範囲第35項に記載のマルチ波長撮像装置。

40. 前記反射型光学装置は、請求の範囲第1、11、12、又は15項に記載の反射型光学装置である請求の範囲第39項に記載のマルチ波長撮像装置。

20 41. 請求の範囲第32項に記載の撮像装置と、撮像された映像を運転者に伝える表示手段とを備えたことを特徴とする車載用監視装置。

42. 請求の範囲第35項又は39項に記載のマルチ波長撮像装置と、撮像された映像を運転者に伝える表示手段とを備えたことを特徴とする車載用監視装置。

25 43. シェル形状の複数の光学部材が、中空部を形成するように対向配置して一体化され、前記中空部側の面は少なくとも一つの反射面を形成

していることを特徴とする反射型光学装置。

4 4. 前記反射面のうち少なくとも一つは、回転中心軸を持たない自由曲面である請求の範囲第4 3項に記載の反射型光学装置。

4 5. 前記複数の光学部材は、前側光学部材と後側光学部材との2つの光学部材で、前記前側光学部材のシェル形状の開口側と前記後側光学部材のシェル形状の開口側とを対向配置して一体化することにより前記中空部が形成されている請求の範囲第4 3項に記載の反射型光学装置。

4 6. 前記光学部材は樹脂成形物で、前記反射面には金属薄膜が形成されている請求の範囲第4 3項に記載の反射型光学装置。

10 4 7. 前記金属薄膜の材料は、アルミニウム、金、銀、銅、及び亜鉛から選ばれる少なくとも一つの金属薄膜材料である請求の範囲第4 6項に記載の反射型光学装置。

4 8. 前記反射面上にさらにSiO₂膜が形成されている請求の範囲第4 6項に記載の反射型光学装置。

15 4 9. 前記光学部材は、金属材料で形成されている請求の範囲第4 3項に記載の反射型光学装置。

5 0. 前記光学部材は、アルミニウム、金、銀、銅、及び亜鉛から選ばれる少なくとも一つの金属材料で形成されている請求の範囲第4 9項に記載の反射型光学装置。

20 5 1. 前記金属材料で形成された光学部材の反射面にさらに金属薄膜が形成されている請求の範囲第4 9項に記載の反射型光学装置。

5 2. 前記金属薄膜の材料は、アルミニウム、金、銀、銅、及び亜鉛から選ばれる少なくとも一つの金属薄膜材料である請求の範囲第5 1項に記載の反射型光学装置。

25 5 3. 前記反射面上にさらにSiO₂膜が形成されている請求の範囲第4 9項に記載の反射型光学装置。

5 4. 前記複数の光学部材のうち少なくとも一つには、撮像用の開口が形成されている請求の範囲第4 3項に記載の反射型光学装置。

5 5. 前記撮像用の開口に、撮像に必要な波長域の光束を透過する窓材が設けられている請求の範囲第5 4項に記載の反射型光学装置。

5 5 6. 前記撮像のための開口に、撮像に必要な波長域の光束を透過し、それ以外の波長域の光束を遮蔽する窓材が設けられている請求の範囲第5 4項に記載の反射型光学装置。

5 7. 前記撮像のための開口に、ゲルマニウム、シリコン、ポリエチレン、 CaF_2 、 BaF_2 、及び ZnSe から選ばれる少なくとも一つの材料で形成された窓材が設けられている請求の範囲第5 4項に記載の反射型光学装置。

10 5 8. 前記窓材は平板である請求の範囲第5 5項に記載の反射型光学装置。

5 9. 前記窓材はレンズ作用を有する請求の範囲第5 5項に記載の反射型光学装置。

6 0. 前記撮像用の開口に、入射する赤外線のうち、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する窓材が設けられている請求の範囲第5 4項に記載の反射型光学装置。

6 1. 前記窓材は、赤外線を反射する光学特性を有し、透明基材上に誘電体多層膜が形成されている請求の範囲第6 0項に記載の反射型光学装置。

6 2. 前記透明基材は、ガラス材料である請求の範囲第6 1項に記載の反射型光学装置。

6 3. 前記透明基材は、樹脂材料である請求の範囲第6 1項に記載の反射型光学装置。

25 6 4. 前記透明基材は、 CaF_2 、 BaF_2 、及び ZnSe から選ばれる

少なくとも一つの材料で形成されている請求の範囲第 6 1 項に記載の反射型光学装置。

6 5. 前記窓材は、赤外線を吸収する光学特性を有するガラス材料で形成されている請求の範囲第 6 0 項に記載の反射型光学装置。

5 6 6. 前記窓材は、赤外線を吸収する光学特性を有する樹脂材料で形成されている請求の範囲第 6 0 項に記載の反射型光学装置。

6 7. 前記窓材は、近赤外域の赤外線の透過を遮る請求の範囲第 6 0 項に記載の反射型光学装置。

6 8. 前記近赤外域の波長域は、700 nmから1100 nmの範囲である請求の範囲第 6 7 項に記載の反射型光学装置。

6 9. 前記窓材は、平板である請求の範囲第 6 0 項に記載の反射型光学装置。

7 0. 前記窓材は、レンズ作用を有する請求の範囲第 6 0 項に記載の反射型光学装置。

15 7 1. 前記各反射面上に、入射する赤外線のうち少なくとも一定範囲の波長域の赤外線を反射しない光学特性を有する膜が形成されている請求の範囲第 5 4 項に記載の反射型光学装置。

7 2. 前記膜は、可視域より長波長域の赤外線を反射しない光学特性を有する請求の範囲第 7 1 項に記載の反射型光学装置。

20 7 3. 前記可視域より長波長域の波長域は、700 nmより大きい請求の範囲第 7 2 項に記載の反射型光学装置。

7 4. 前記膜は、近赤外域の波長域の赤外線を反射しない光学特性を有する請求の範囲第 7 1 項に記載の反射型光学装置。

7 5. 前記近赤外域の波長域は、700 nmから1100 nmの範囲である請求の範囲第 7 4 項に記載の反射型光学装置。

7 6. 前記複数の光学部材のうち少なくとも一つには、感光特性を有す

る部材上に画像を結像させるための開口が設けられている請求の範囲第43項に記載の反射型光学装置。

77. 入射する赤外線のうち、少なくとも一定範囲の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する光学媒質で中実状の装置本体が形成され、
5 前記装置本体には、前記装置本体表面と前記装置本体表面に形成された膜により少なくとも一つの反射面が形成されていることを特徴とする反射型固体光学装置。

78. 前記反射面の少なくとも一つにおける前記装置本体表面は、回転中心軸を持たない自由曲面で形成されている請求の範囲第77項に記載
10 の反射型固体光学装置。

79. 前記光学媒質は、可視域より長波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する材料で形成されている請求の範囲第77項に記載の反射型固体光学装置。

80. 前記可視域より長波長域の波長域は、700 nmより大きい請求
15 の範囲第79項に記載の反射型固体光学装置。

81. 前記光学媒質は、近赤外域の波長域の赤外線の透過を遮る光学特性を有する材料で形成されている請求の範囲第77項に記載の反射型固体光学装置。

82. 前記近赤外域の波長域は、700 nmから1100 nmの範囲で
20 ある請求の範囲第81項に記載の反射型固体光学装置。

83. 請求の範囲第43項から76項のいずれかに記載の反射型光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型光学装置の結像部に撮像素子が設けられている撮像装置。

84. 前記撮像素子は、可視域に感度を有する請求の範囲第83項に記
25 載の撮像装置。

85. 請求の範囲第43項から76項のいずれかに記載の反射型光学装

置を用いた撮像装置であって、前記反射型光学装置の結像部に可視域に感度を有する像素子が設けられている撮像装置。

8 6. 請求の範囲第 4 3 項から 5 9 項のいずれかに記載の反射型光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型光学装置の結像部に可視域及び赤外域に感度を有する像素子が設けられている撮像装置。
5

8 7. 請求の範囲第 6 7、6 8、7 4、又は 7 5 項に記載の反射型光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型光学装置の結像部に可視域及び赤外域に感度を有する像素子が設けられている撮像装置。

8 8. 請求の範囲第 7 7 項から 8 2 項のいずれかに記載の反射型固体光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型固体光学装置の結像部に像素子が設けられている撮像装置。
10

8 9. 前記像素子は、可視域に感度を有する請求の範囲第 8 8 項に記載の撮像装置。

9 0. 請求の範囲第 8 1 項又は 8 2 項に記載の反射型固体光学装置を用いた撮像装置であって、前記反射型固体光学装置の結像部に可視域及び赤外域に感度を有する像素子が設けられている撮像装置。
15

9 1. 請求の範囲第 8 3 項に記載の撮像装置を用いたビデオカメラ装置。

9 2. 請求の範囲第 8 8 項に記載の撮像装置を用いたビデオカメラ装置。

9 3. 請求の範囲第 8 3 項に記載の撮像装置を用いた車載用監視装置。

20 9 4. 請求の範囲第 8 8 項に記載の撮像装置を用いた車載用監視装置。

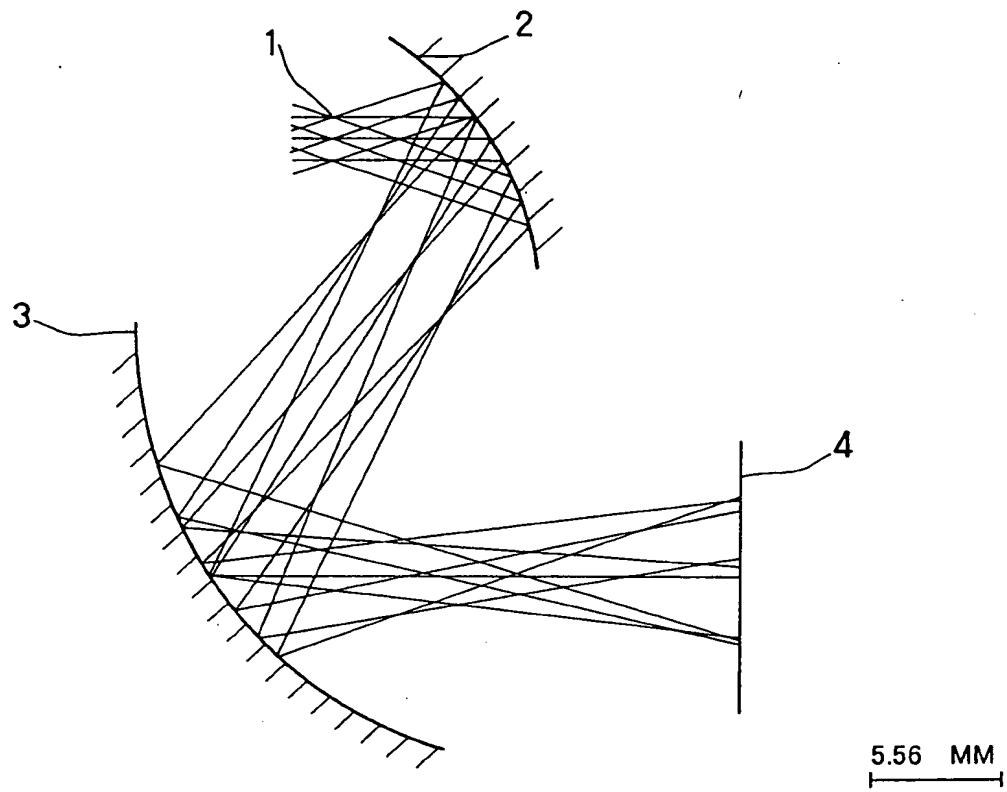


FIG. 1

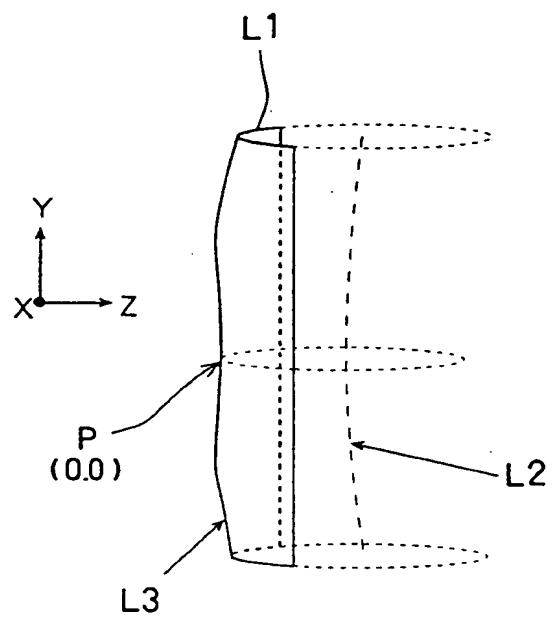
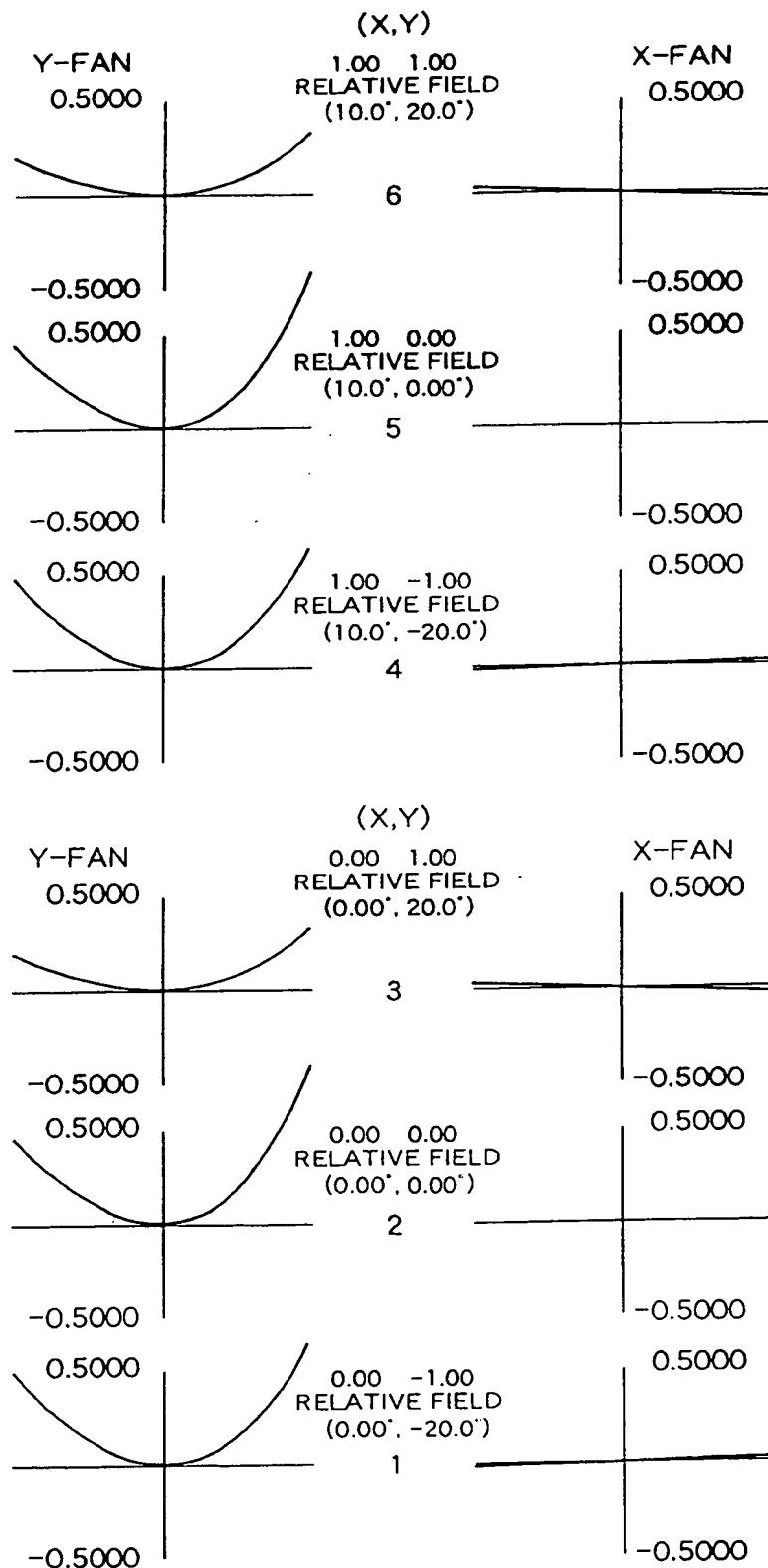


FIG. 2

**FIG. 3**

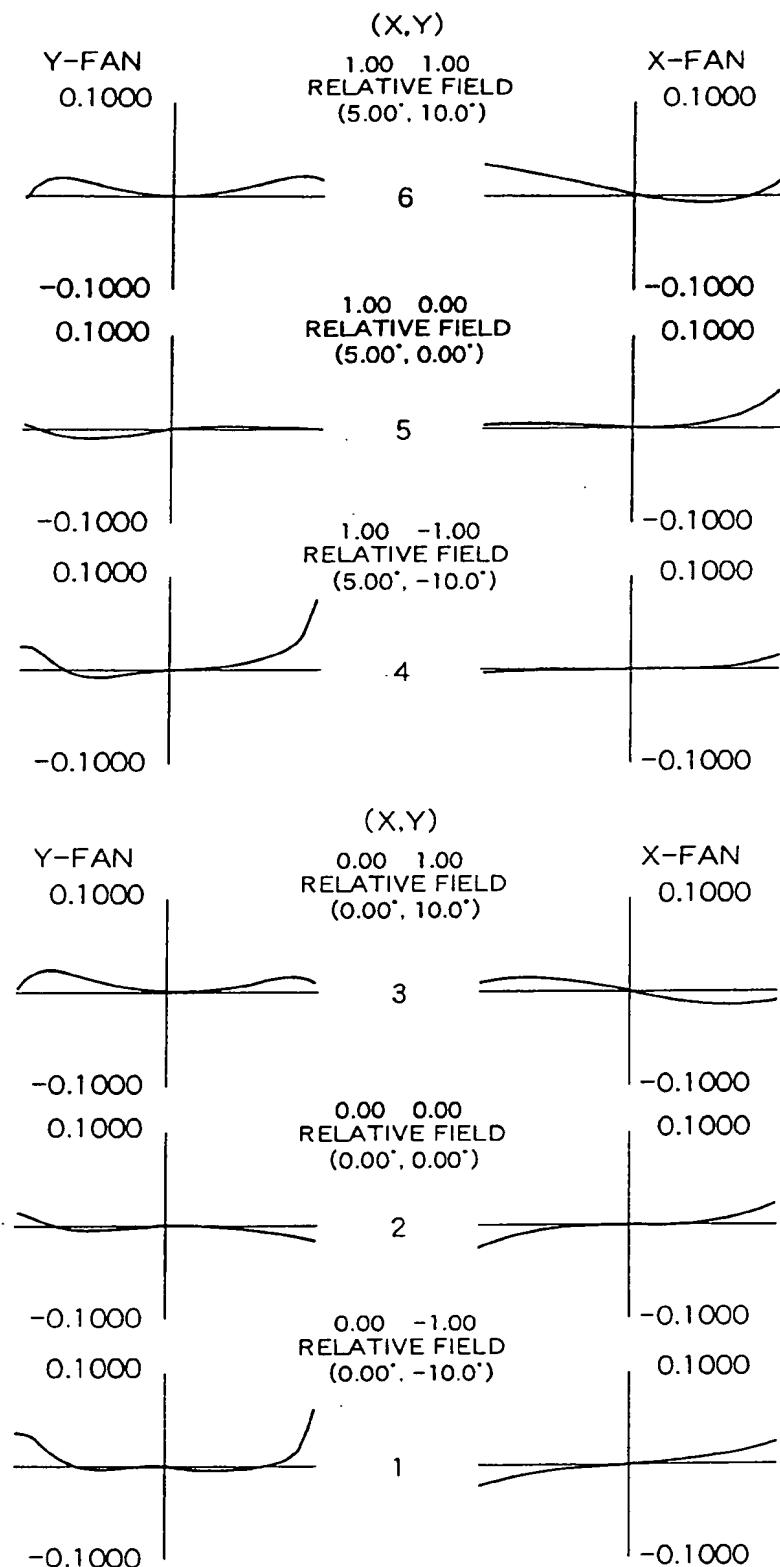


FIG. 4

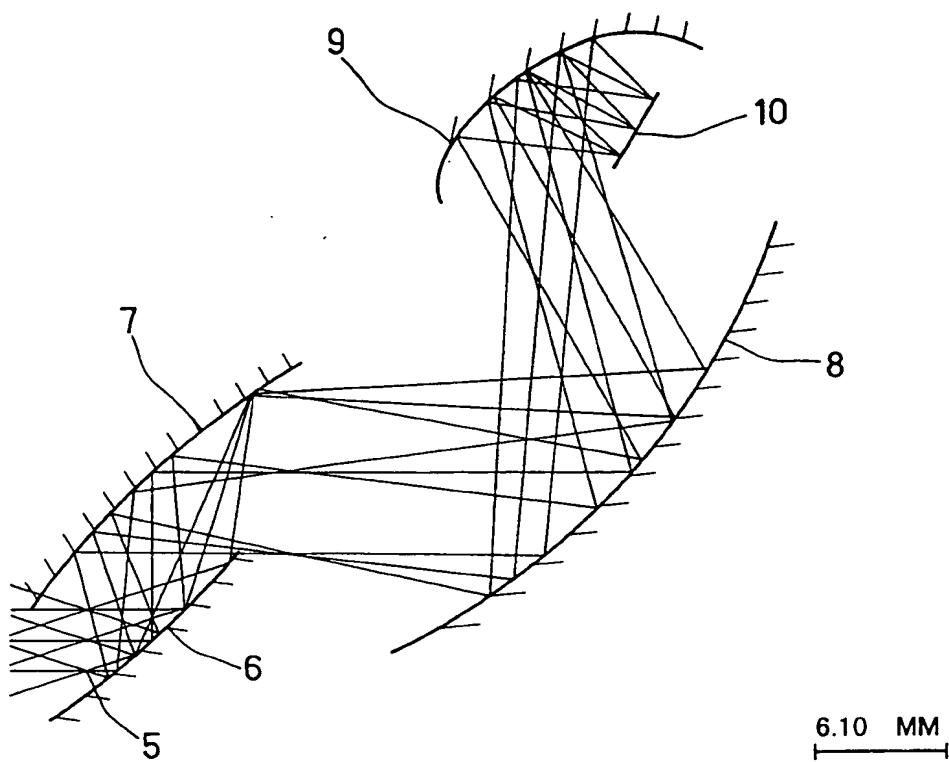


FIG. 5

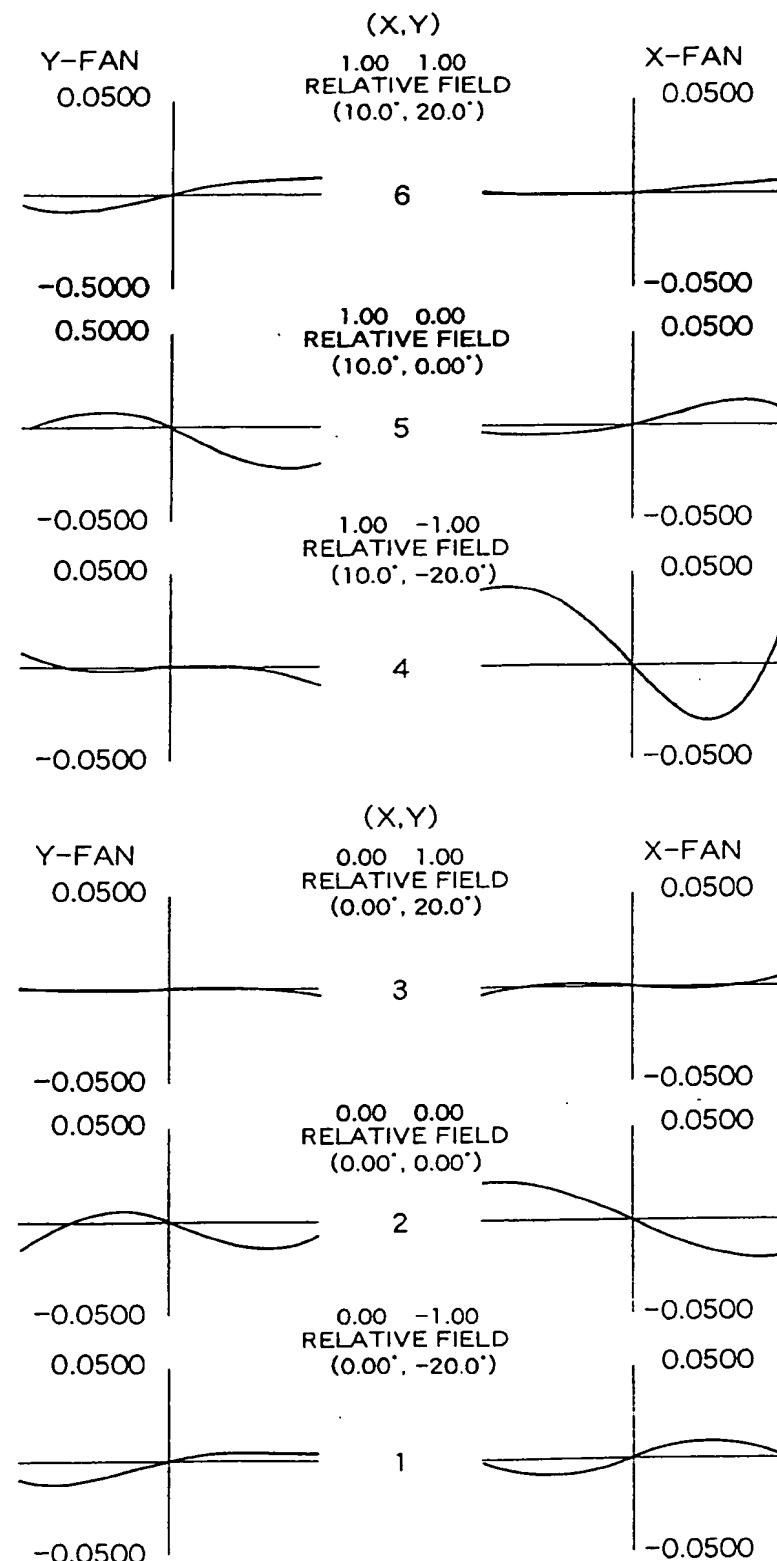


FIG. 6

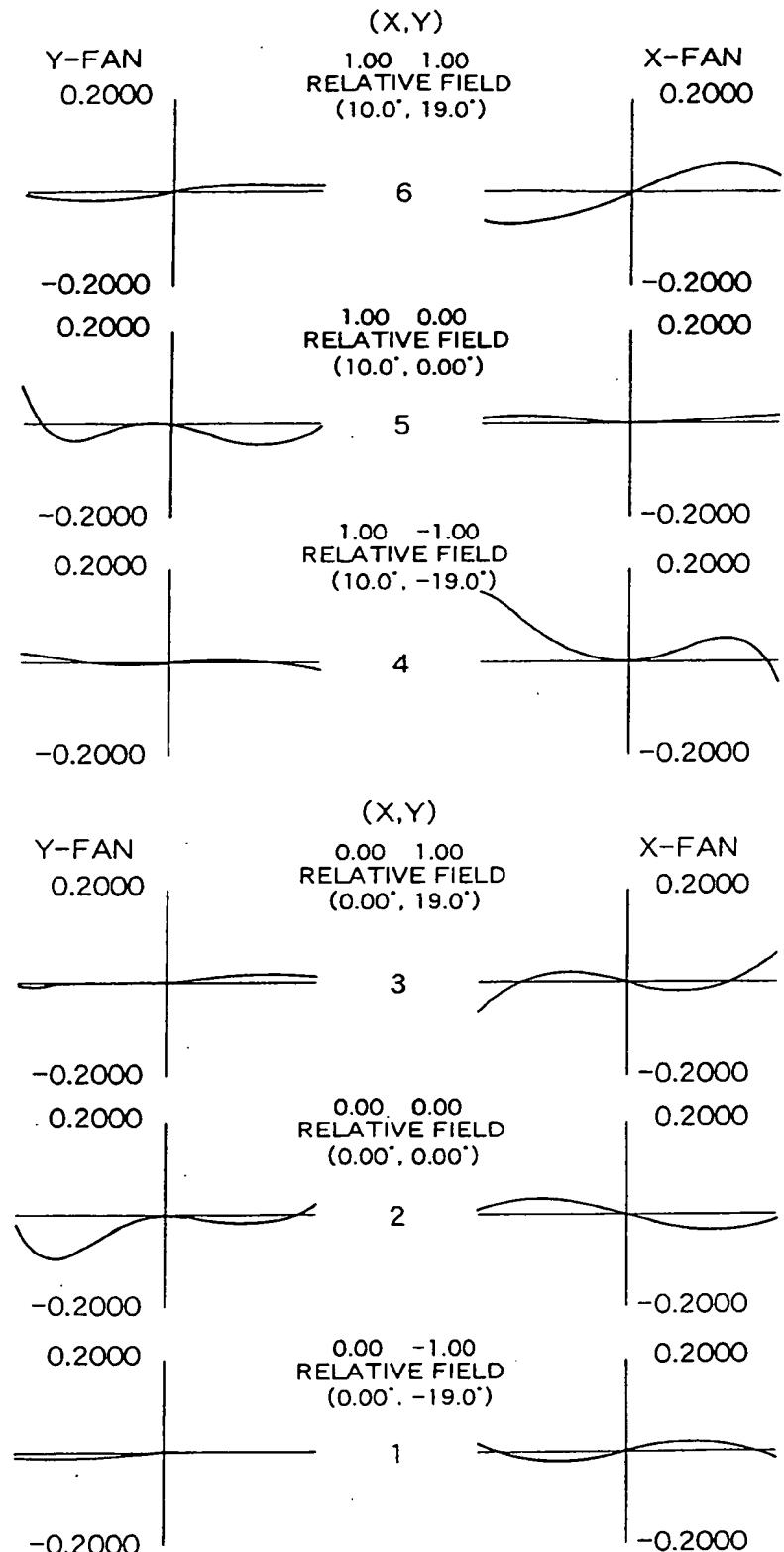


FIG. 7

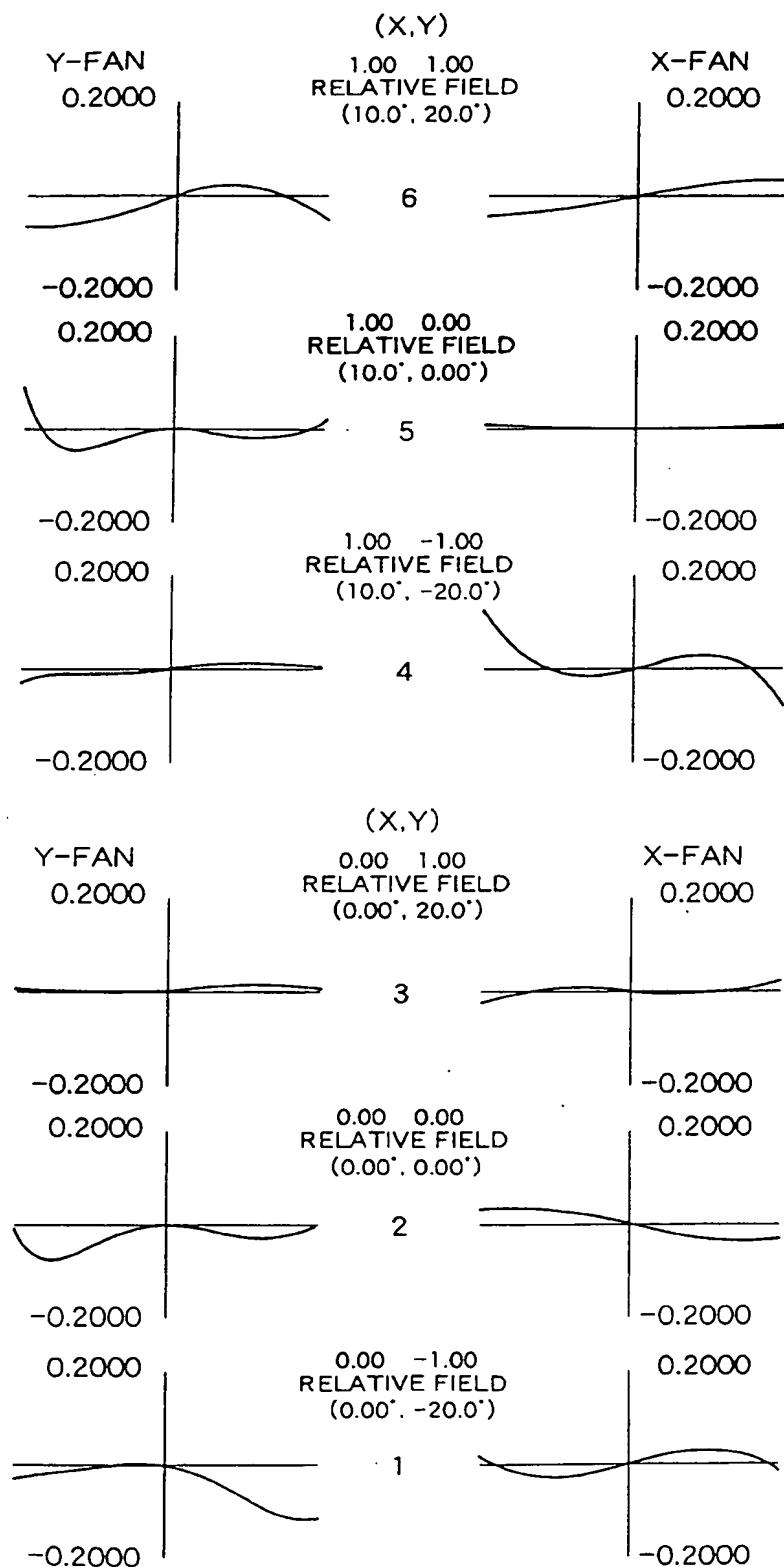


FIG. 8

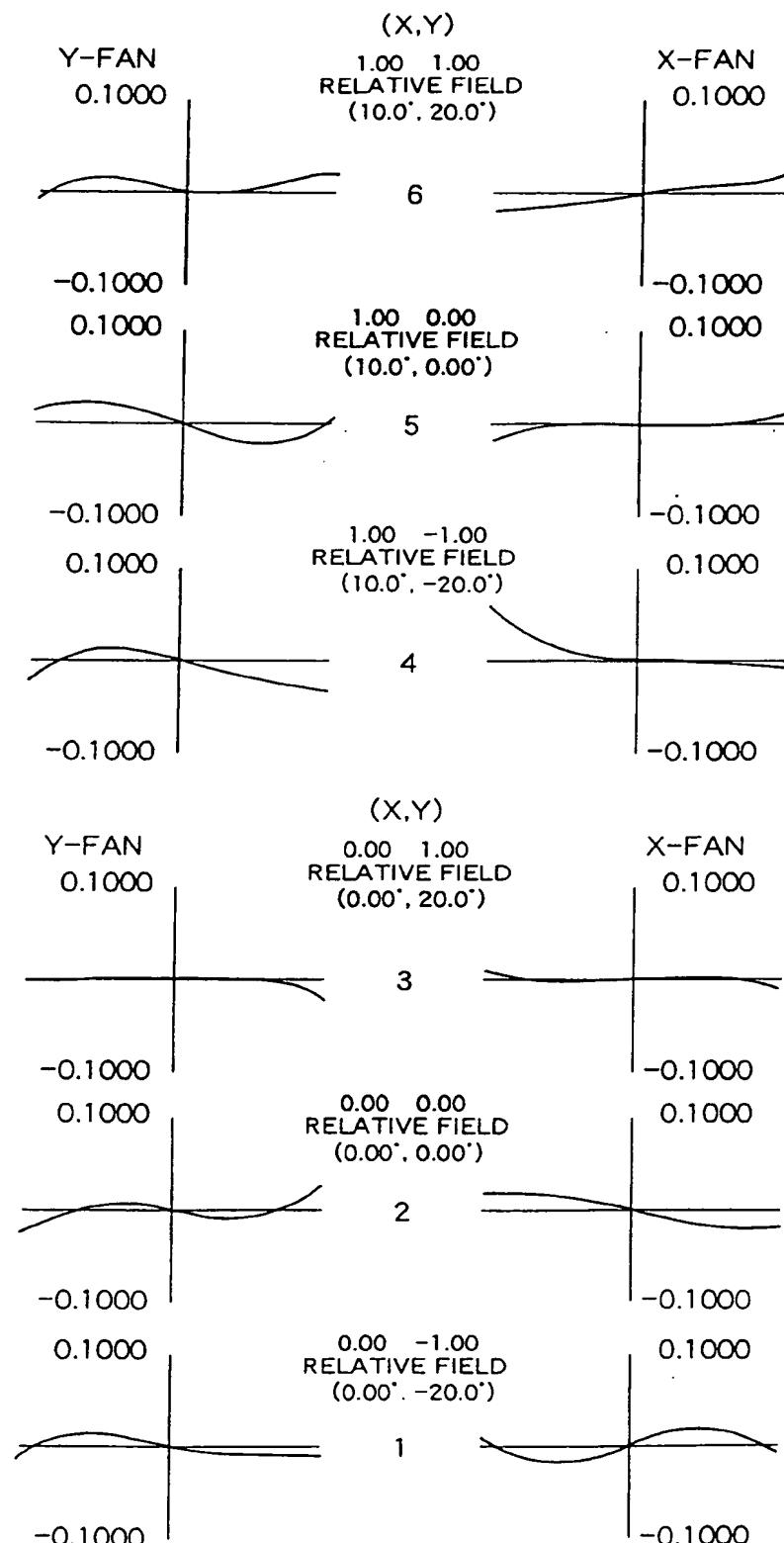


FIG. 9

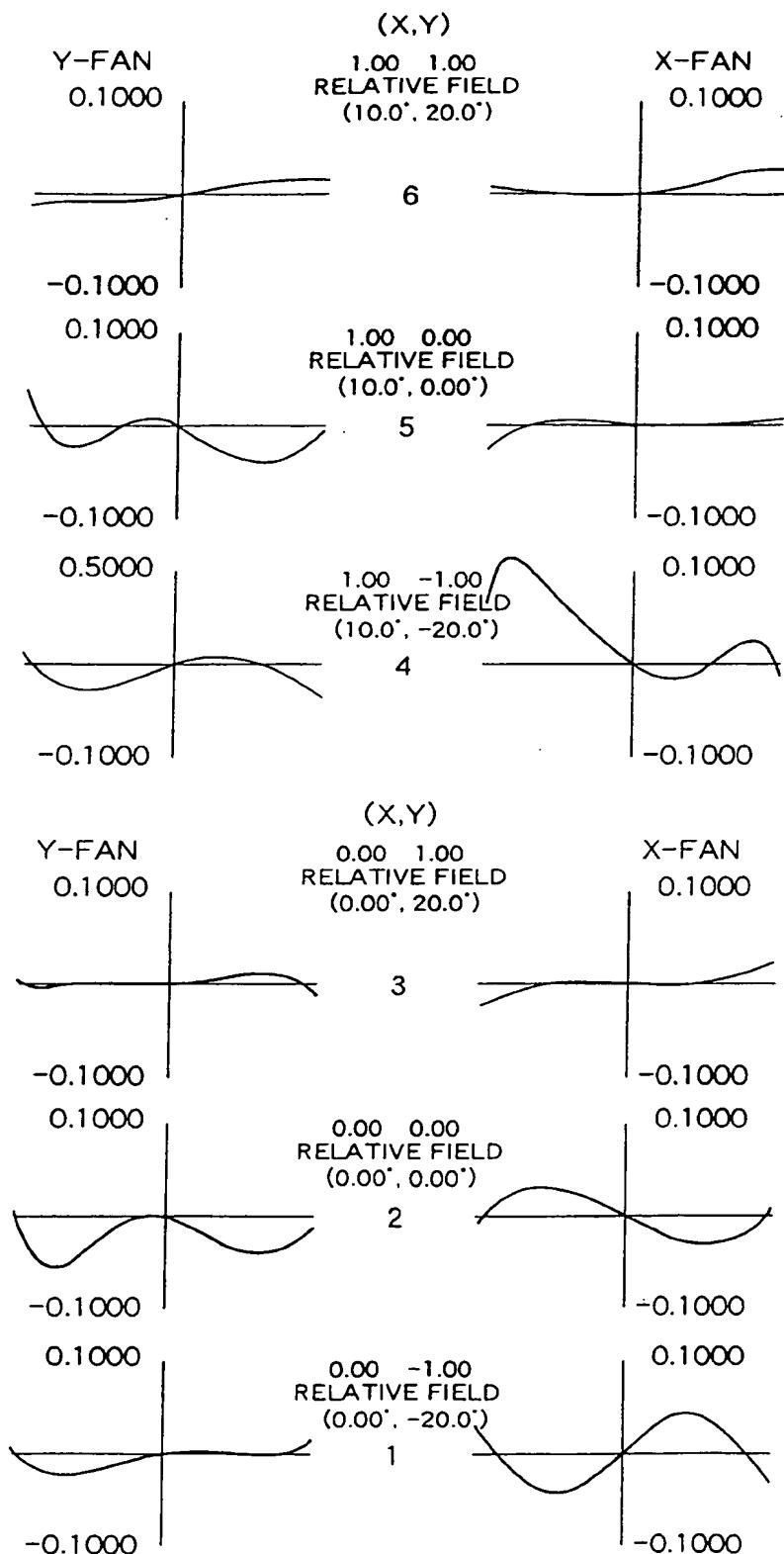


FIG. 10

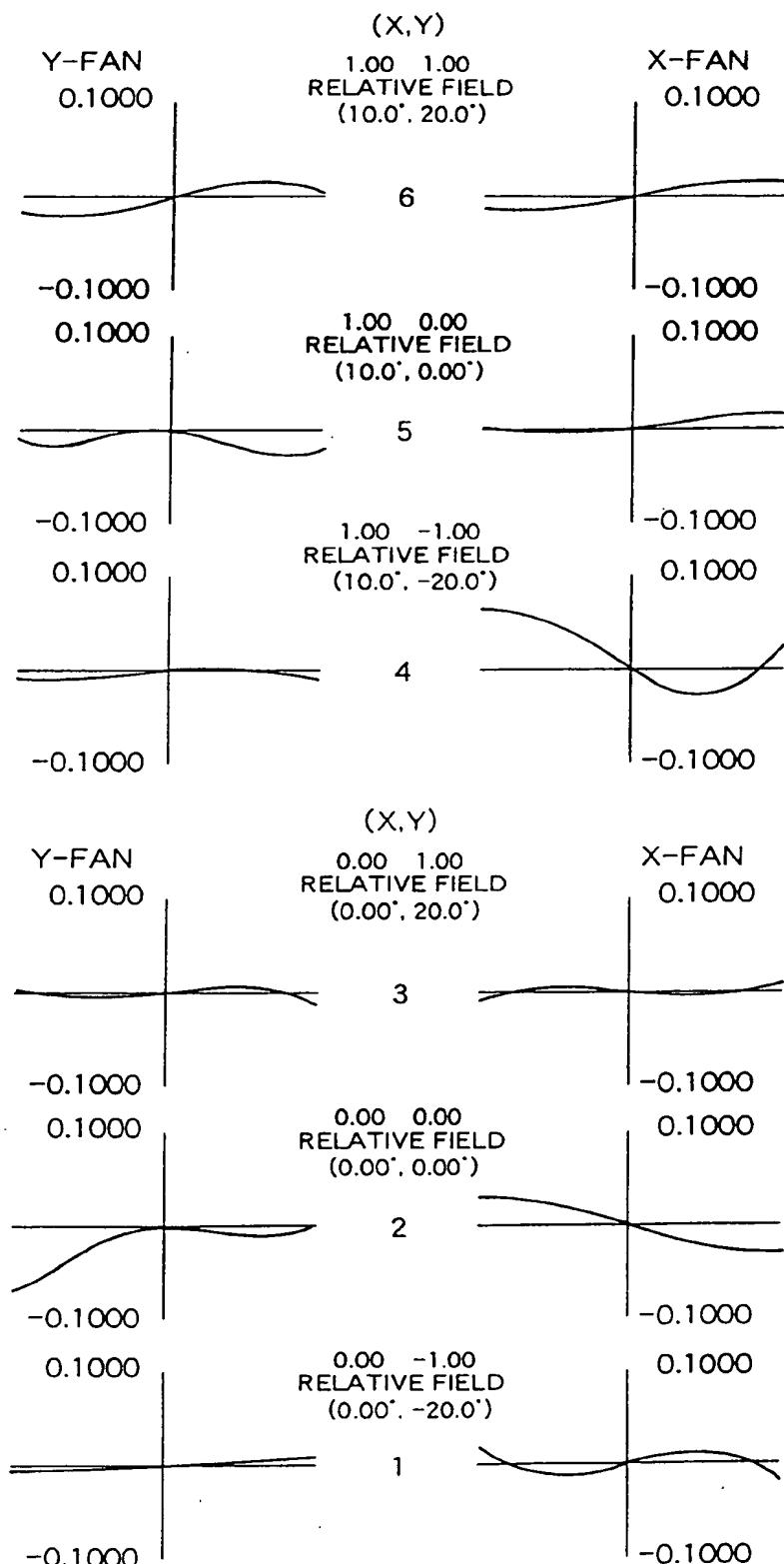


FIG. 11

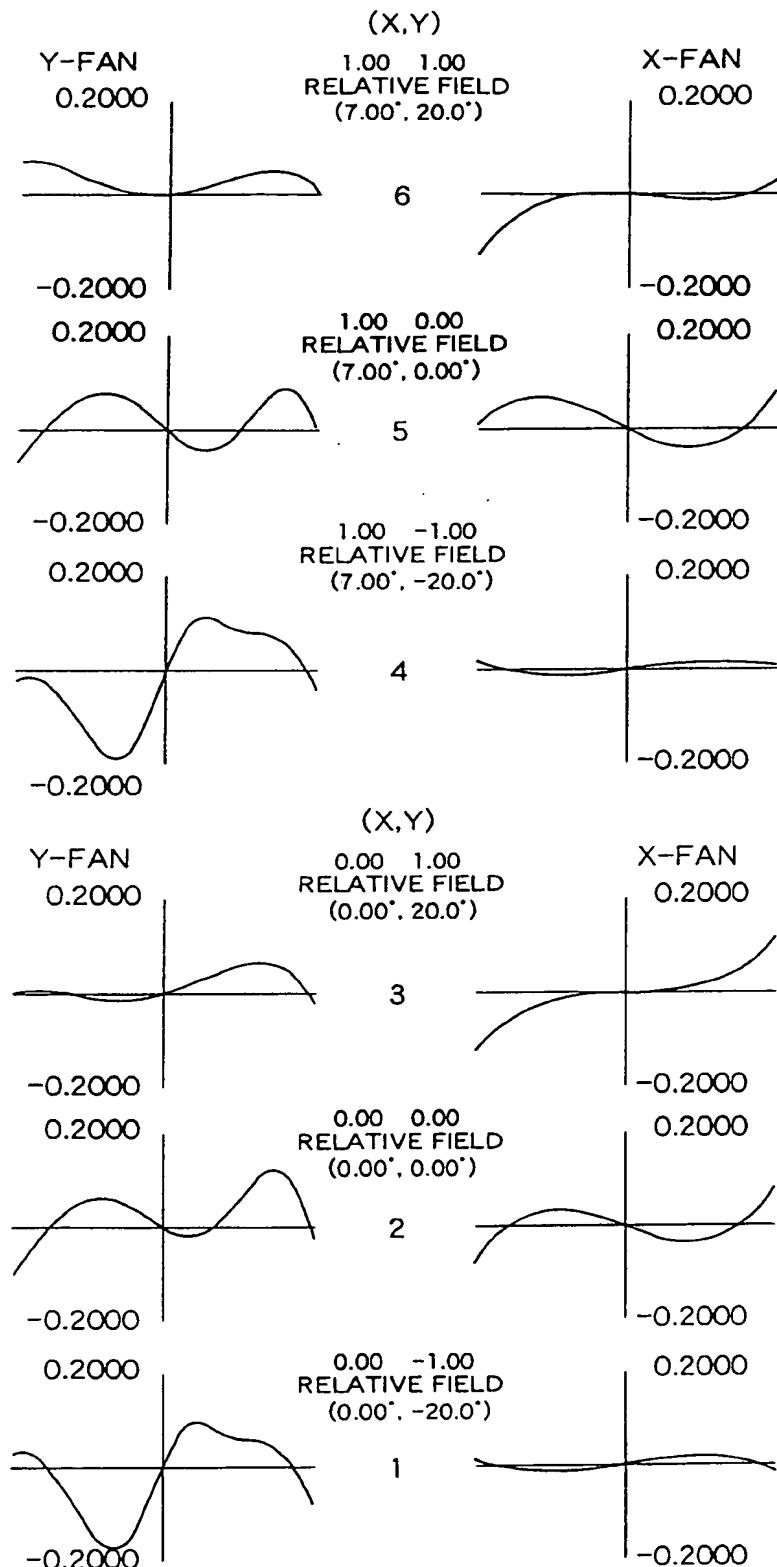


FIG. 12

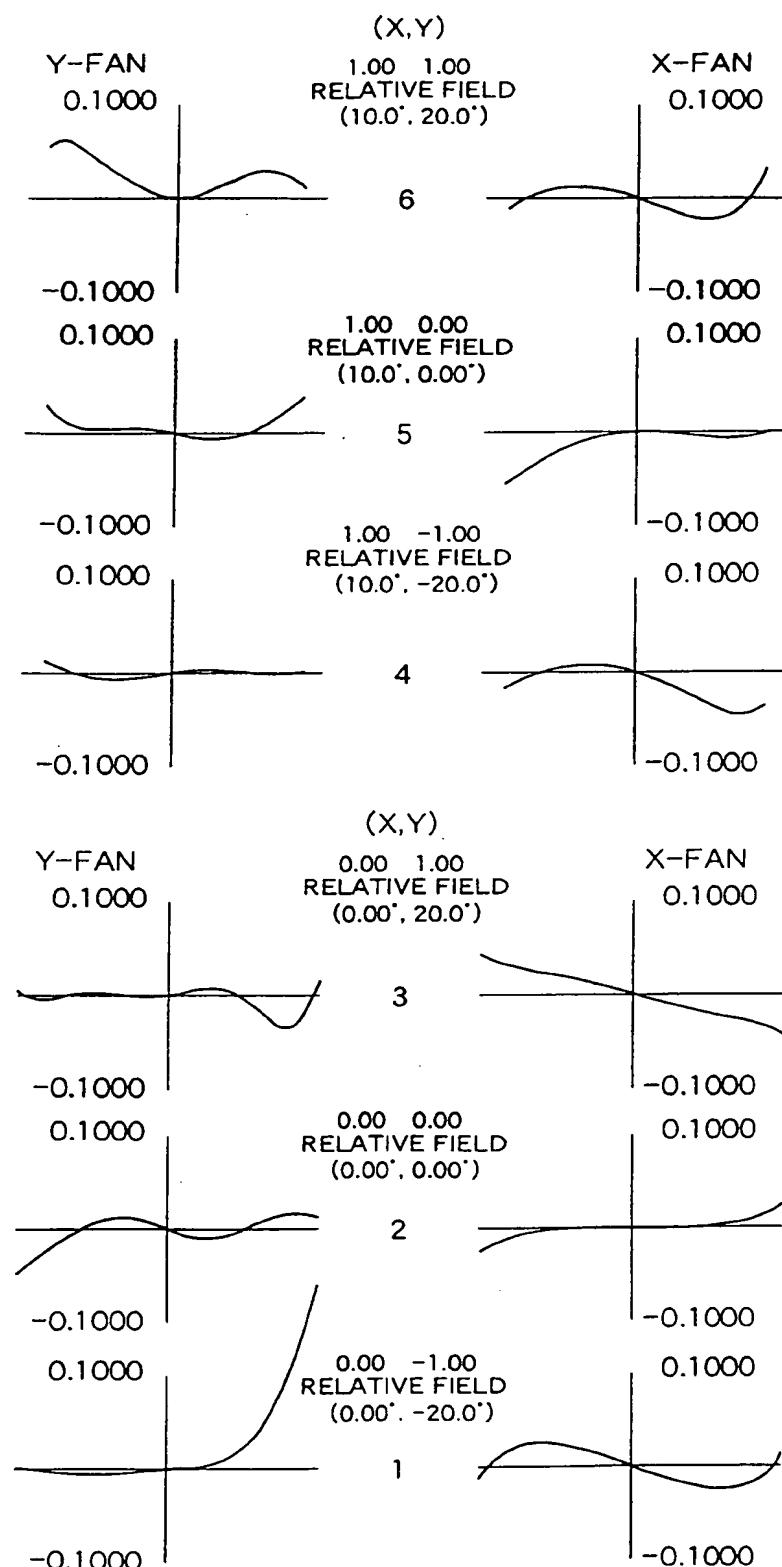


FIG. 13

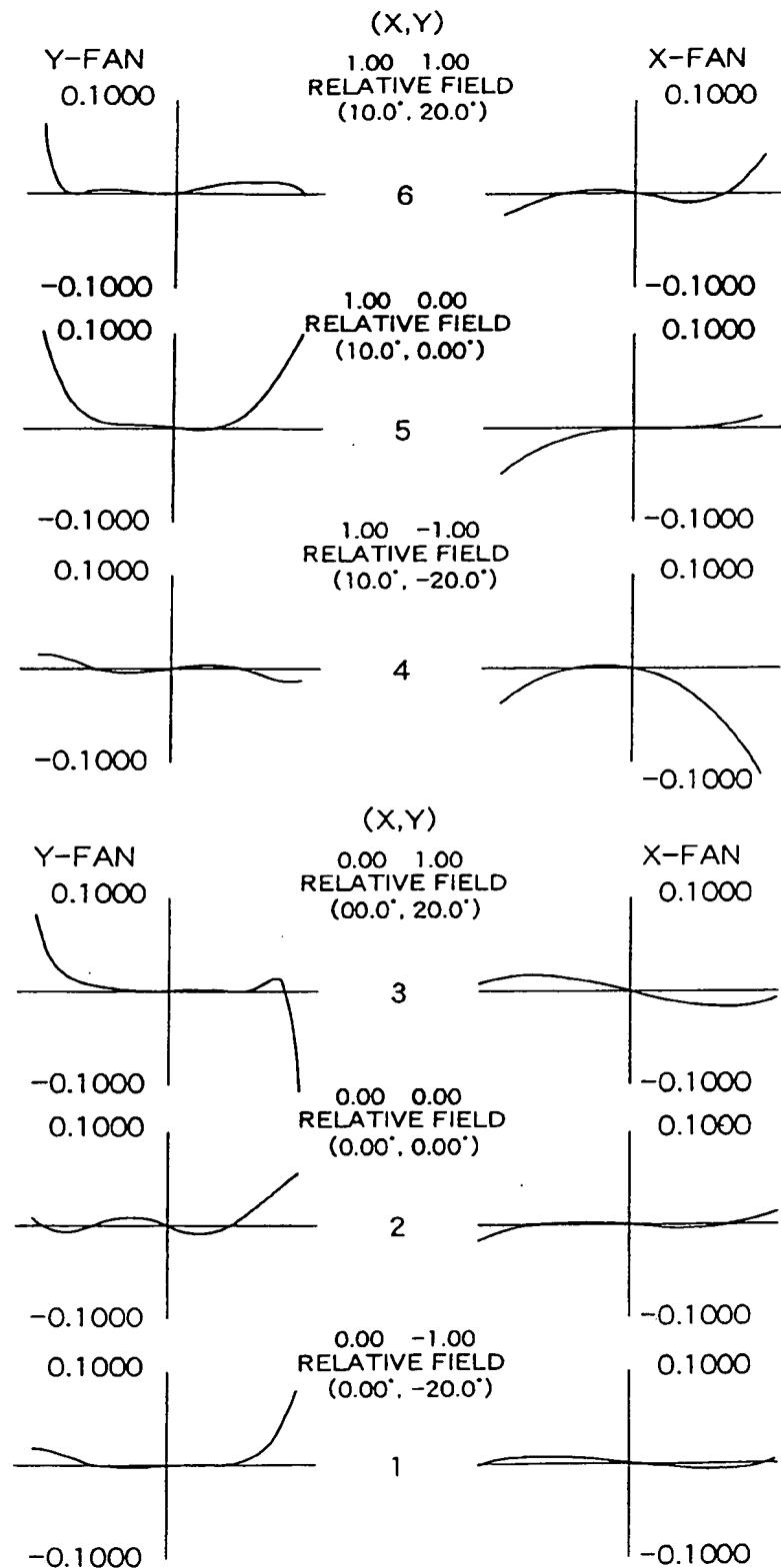


FIG. 14

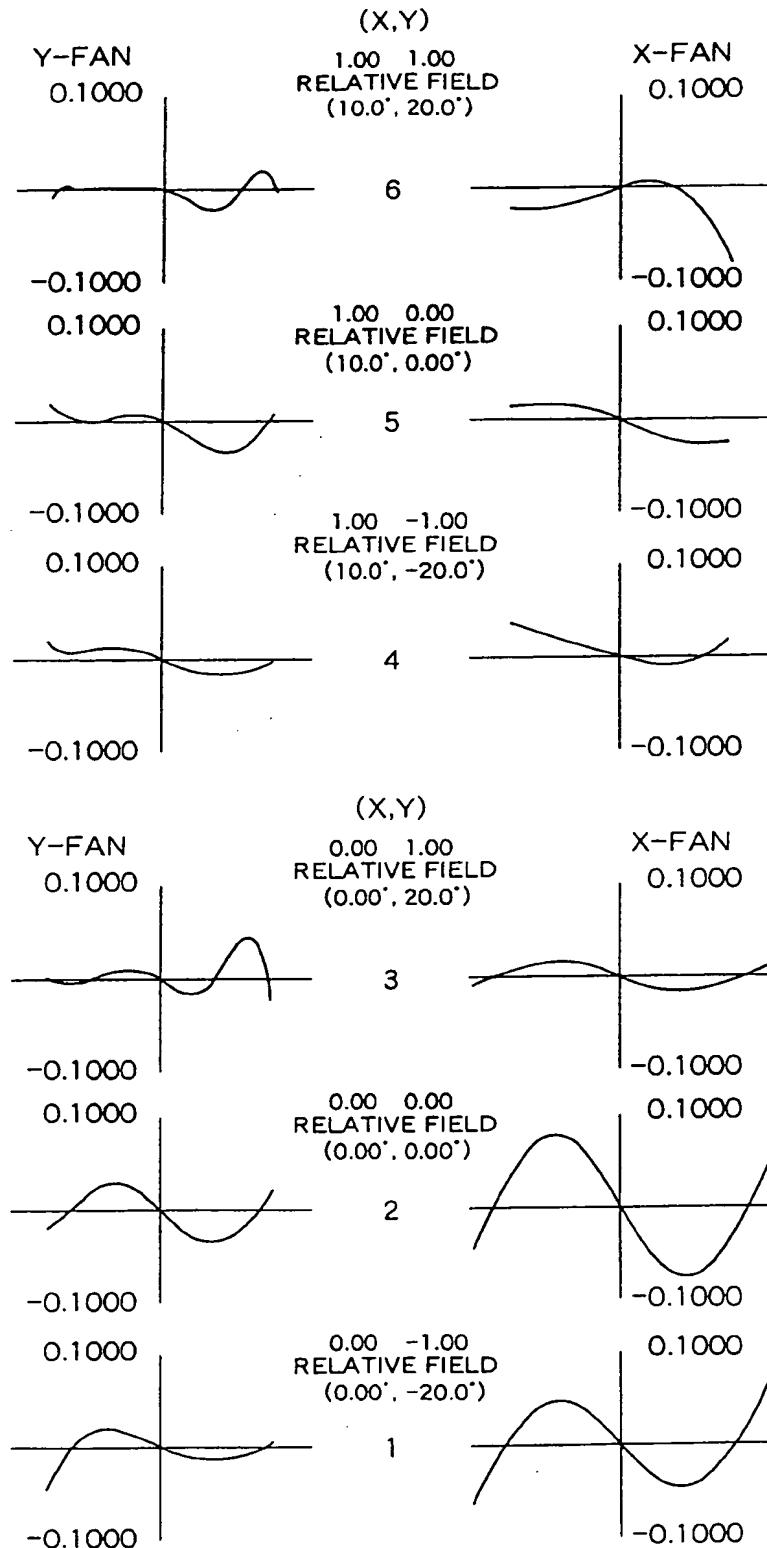


FIG. 15

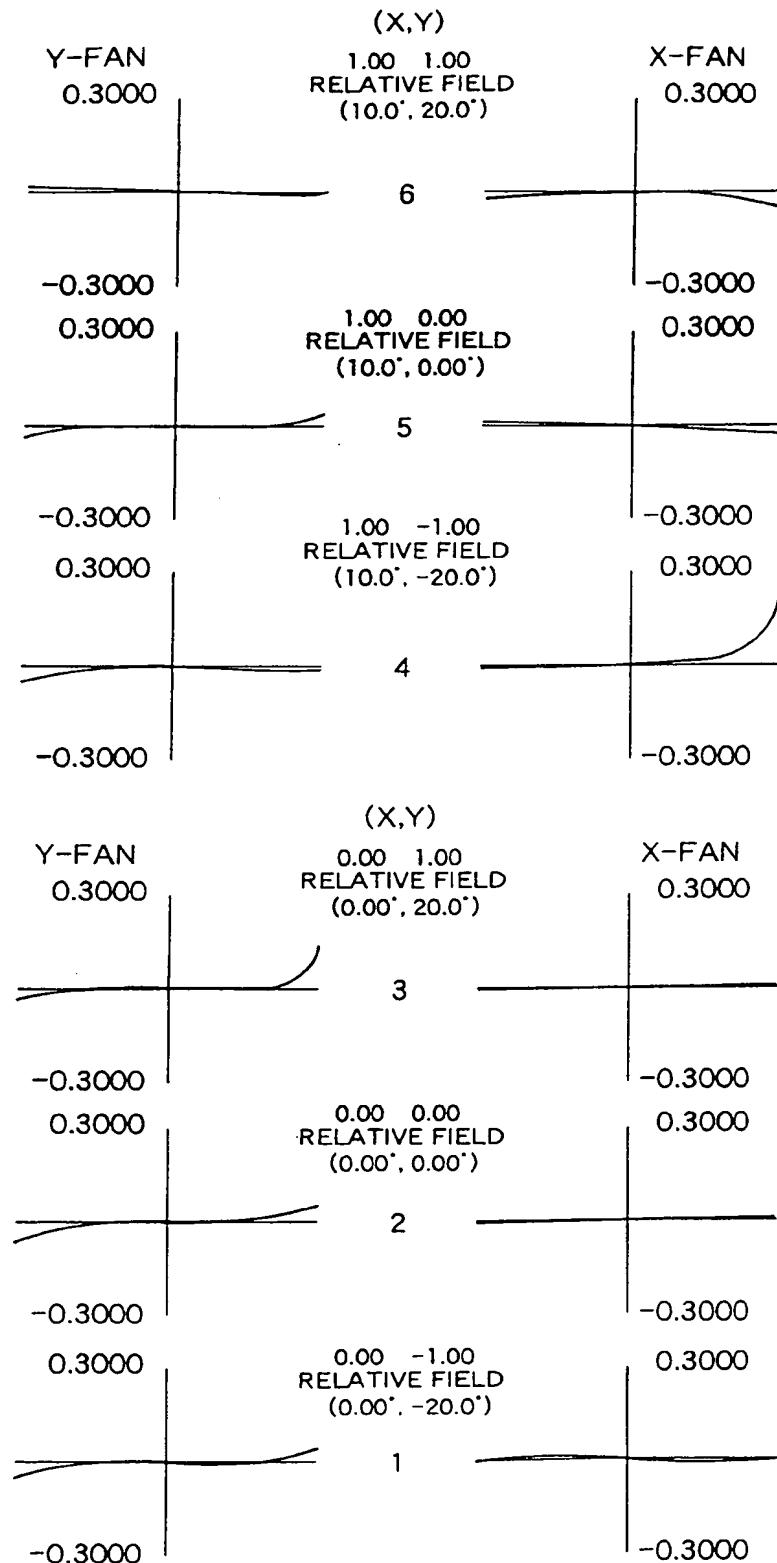


FIG. 16

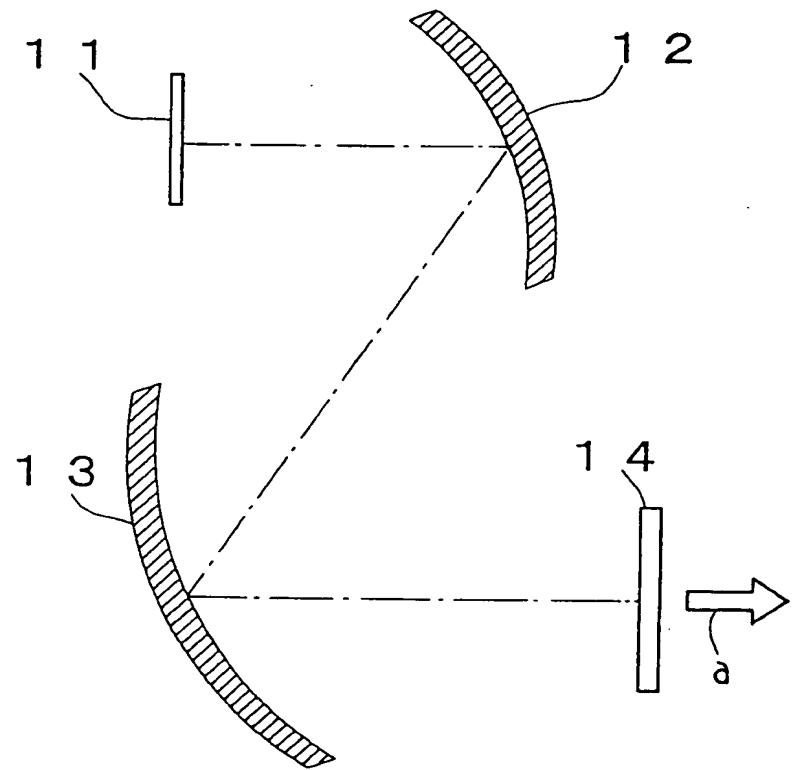


FIG. 17

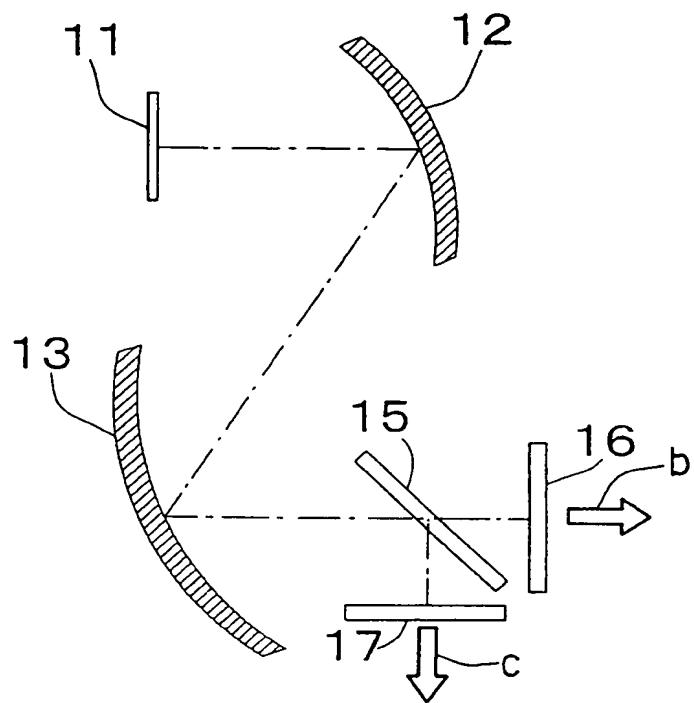


FIG. 18

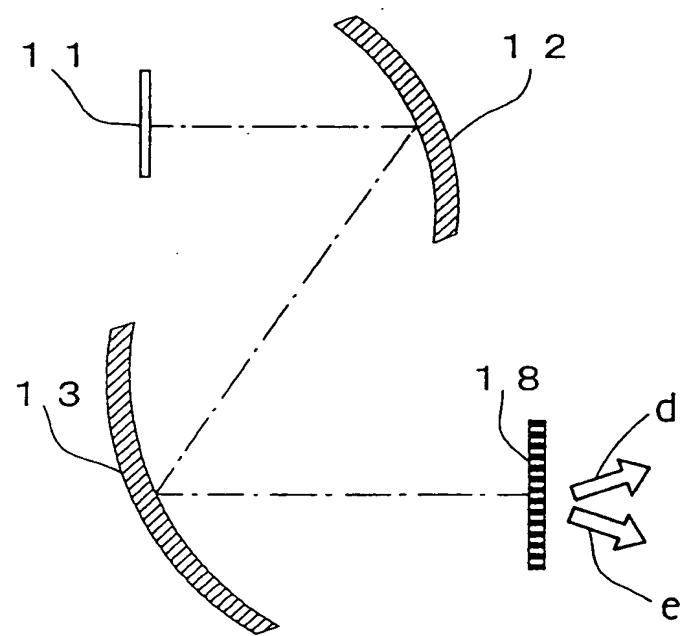


FIG. 19

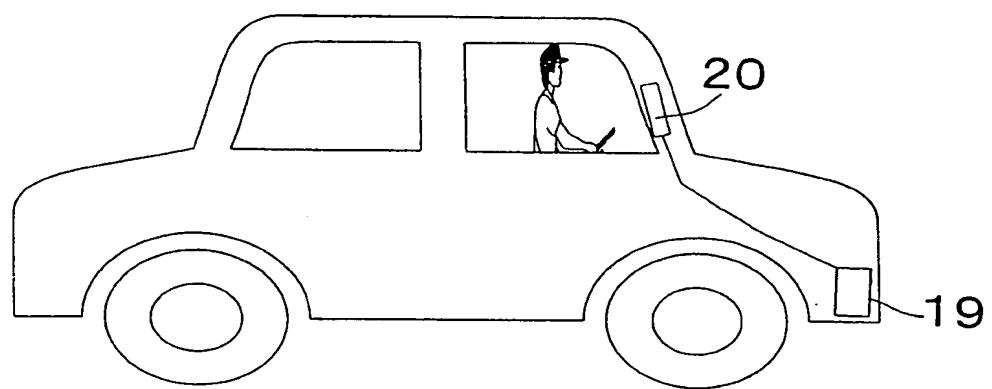


FIG. 20

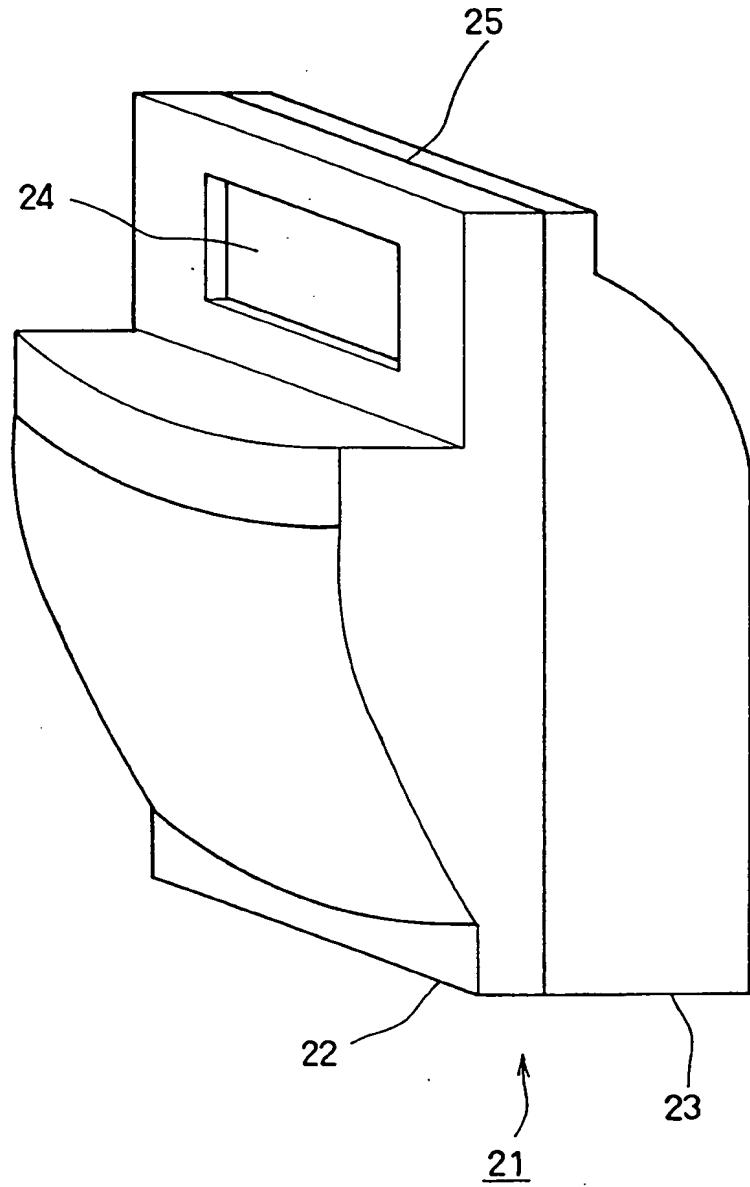


FIG. 21

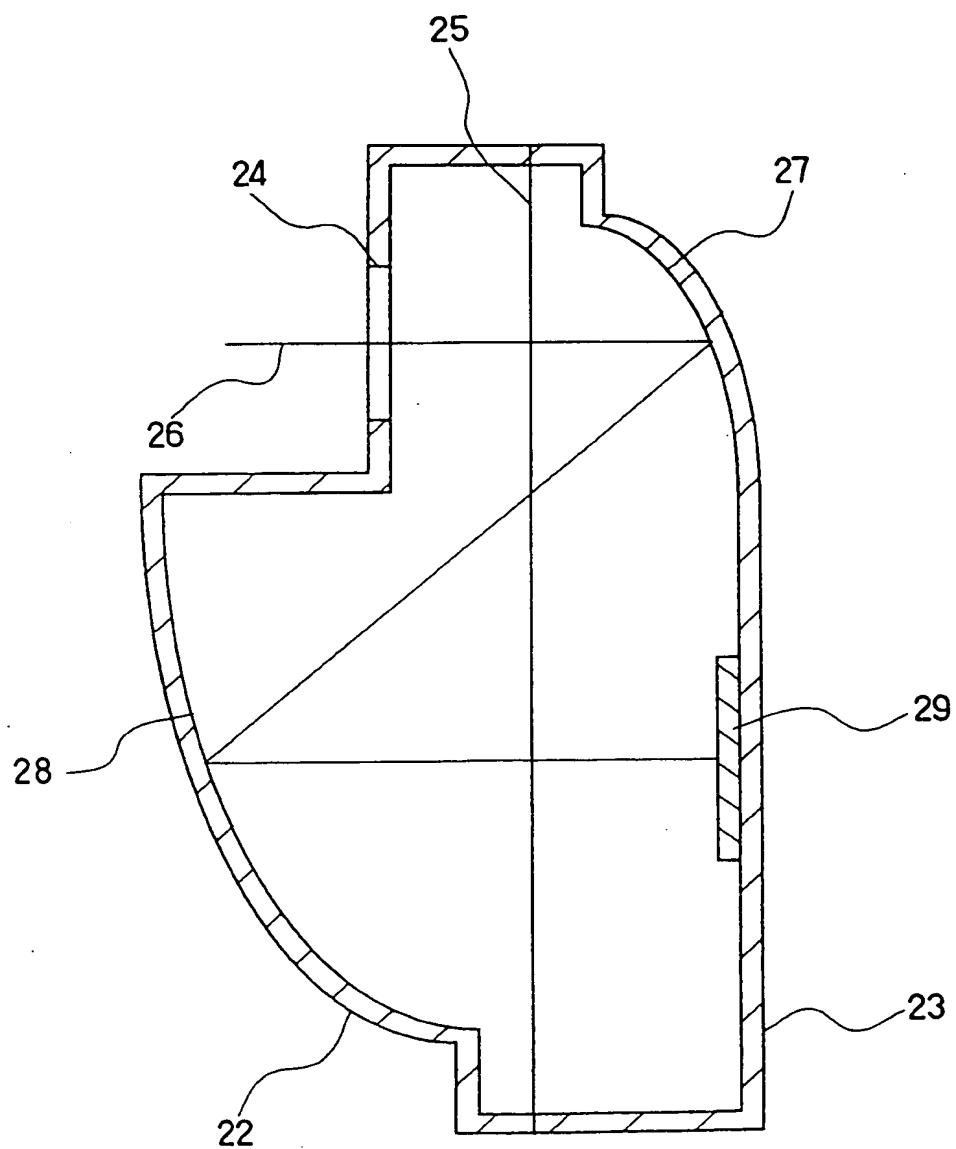


FIG. 22

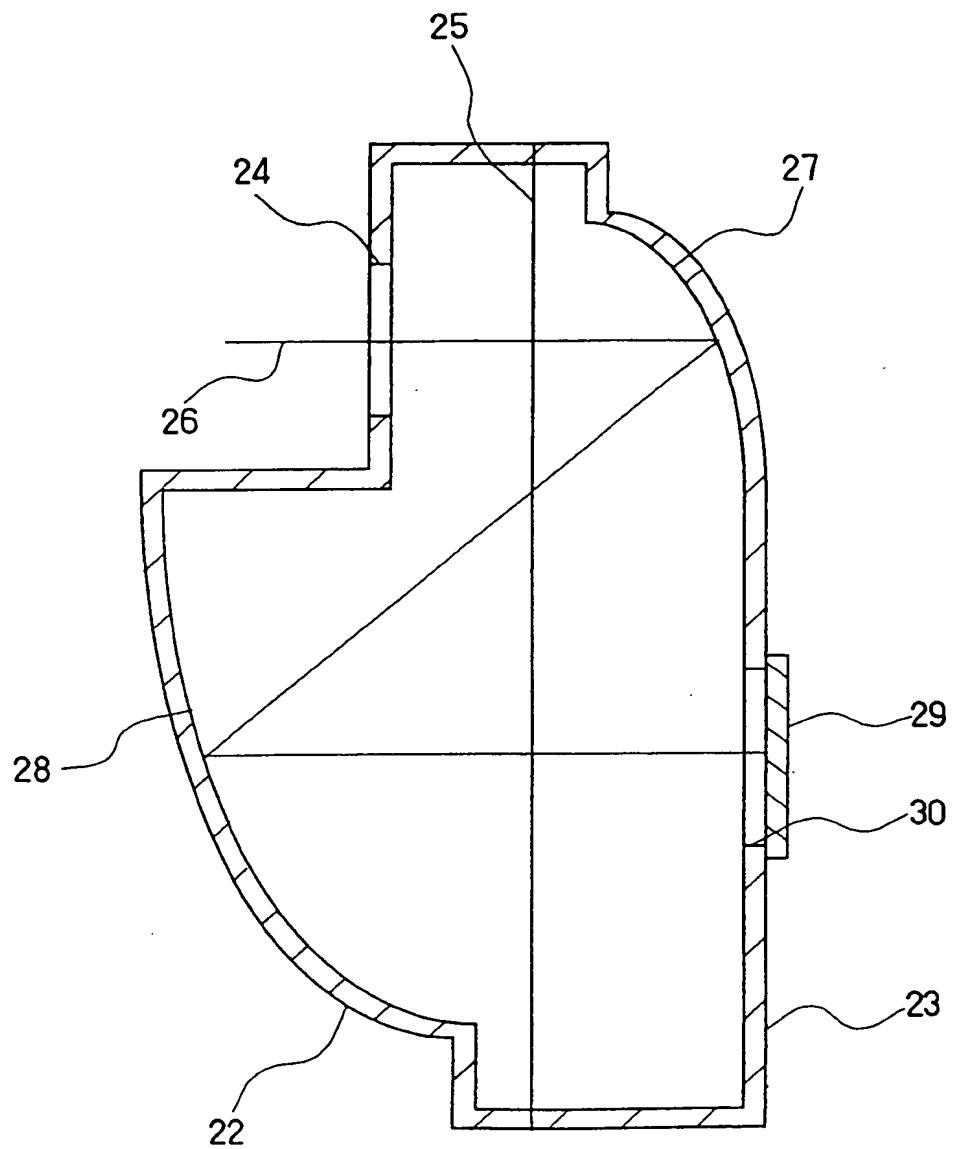


FIG. 23

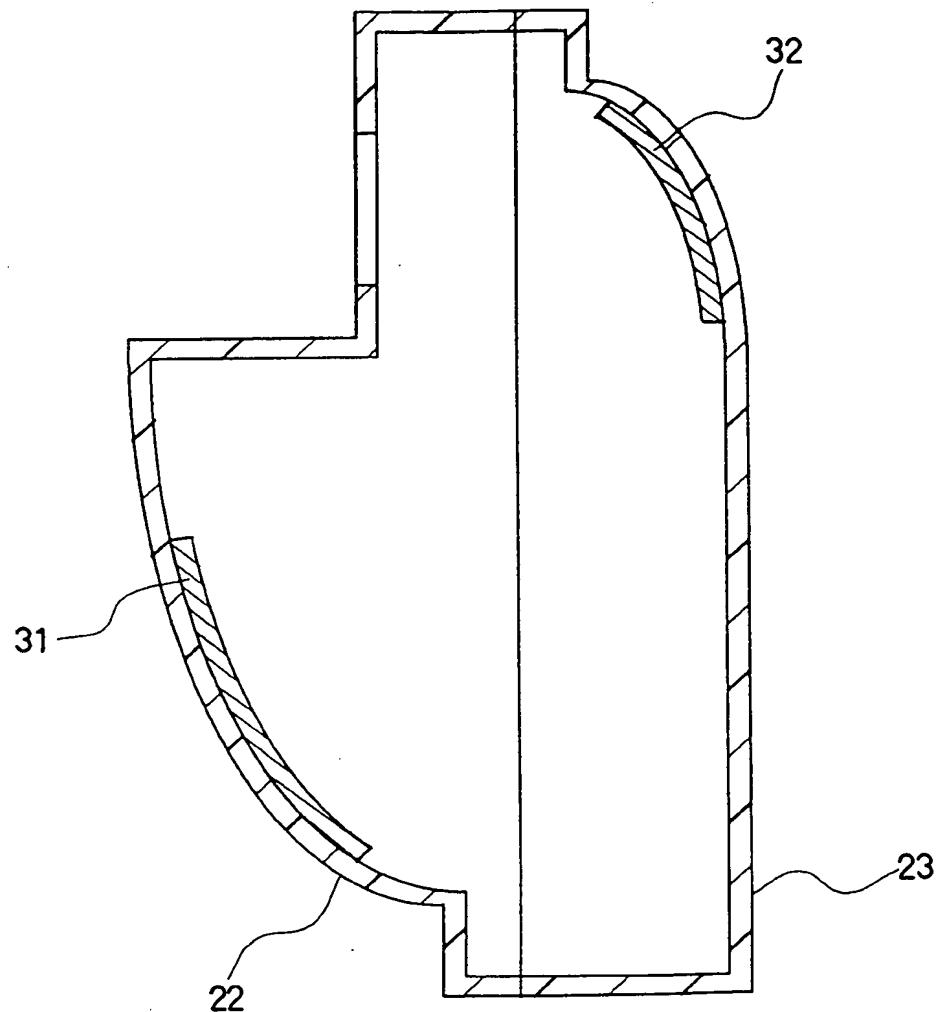


FIG. 24

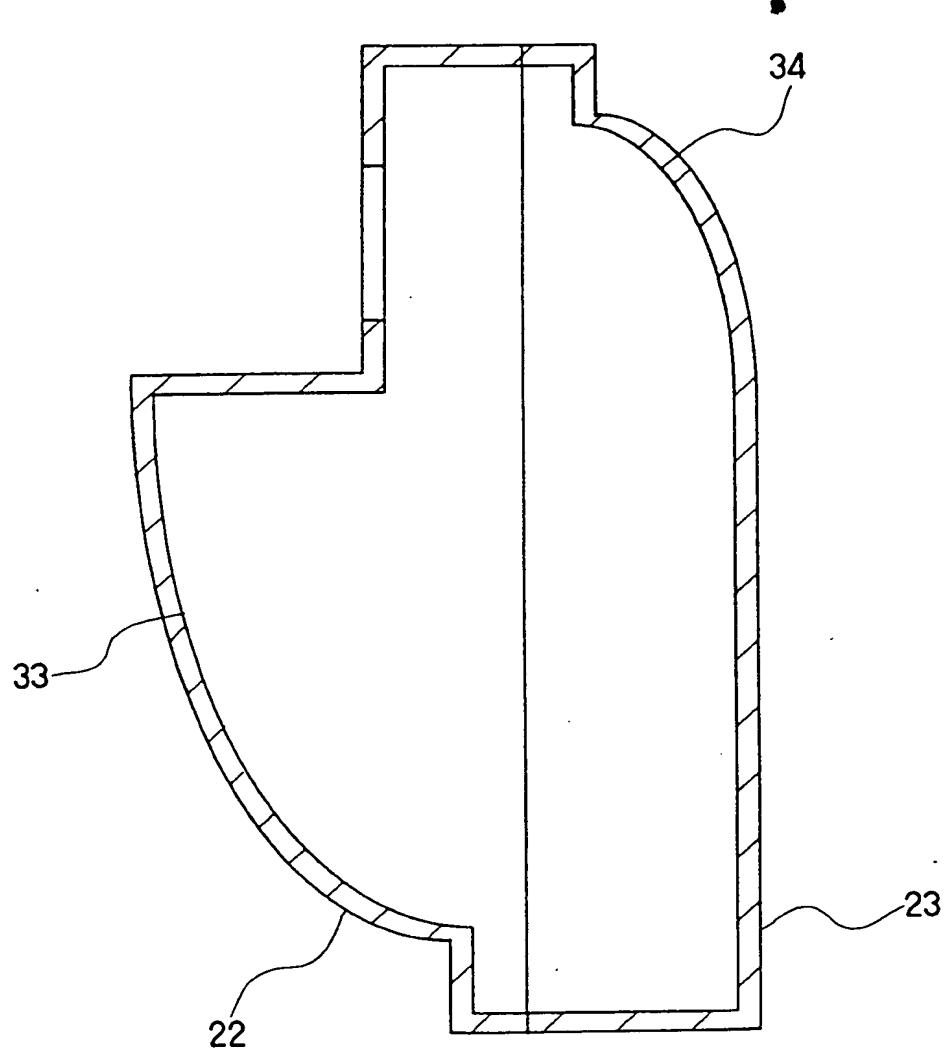


FIG. 25

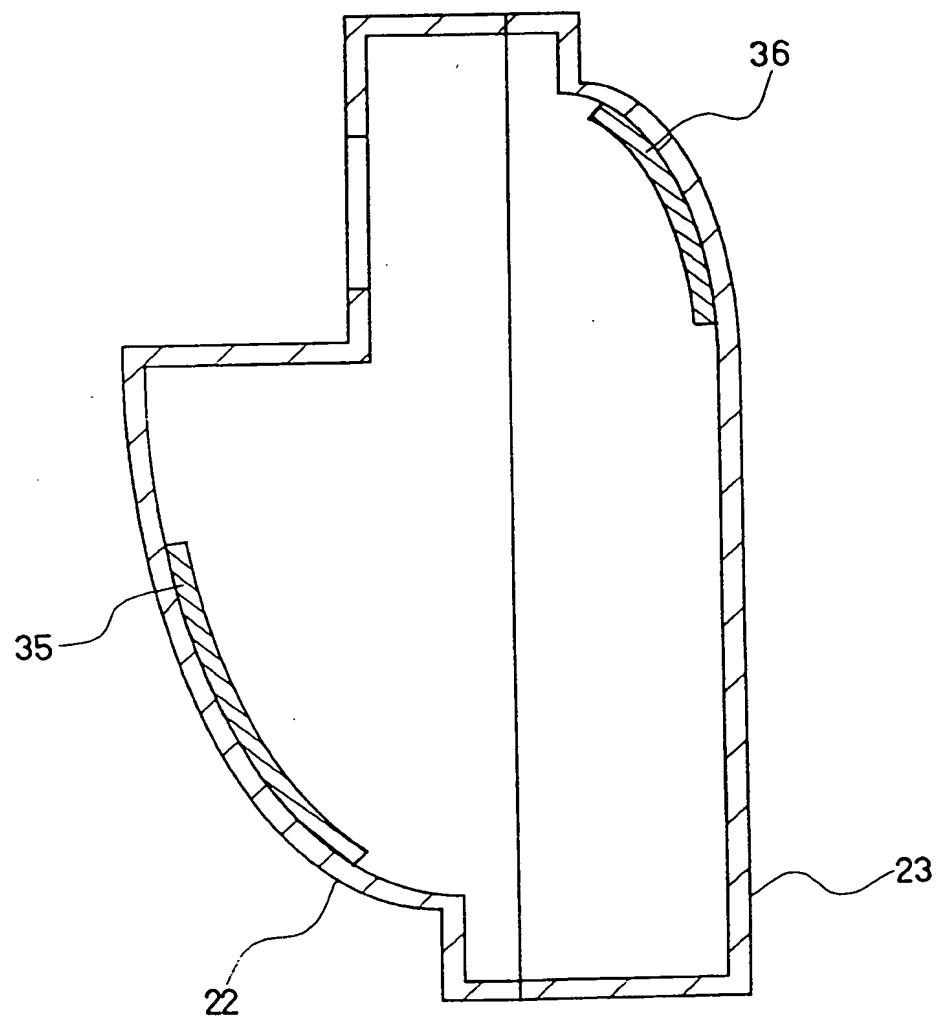


FIG. 26

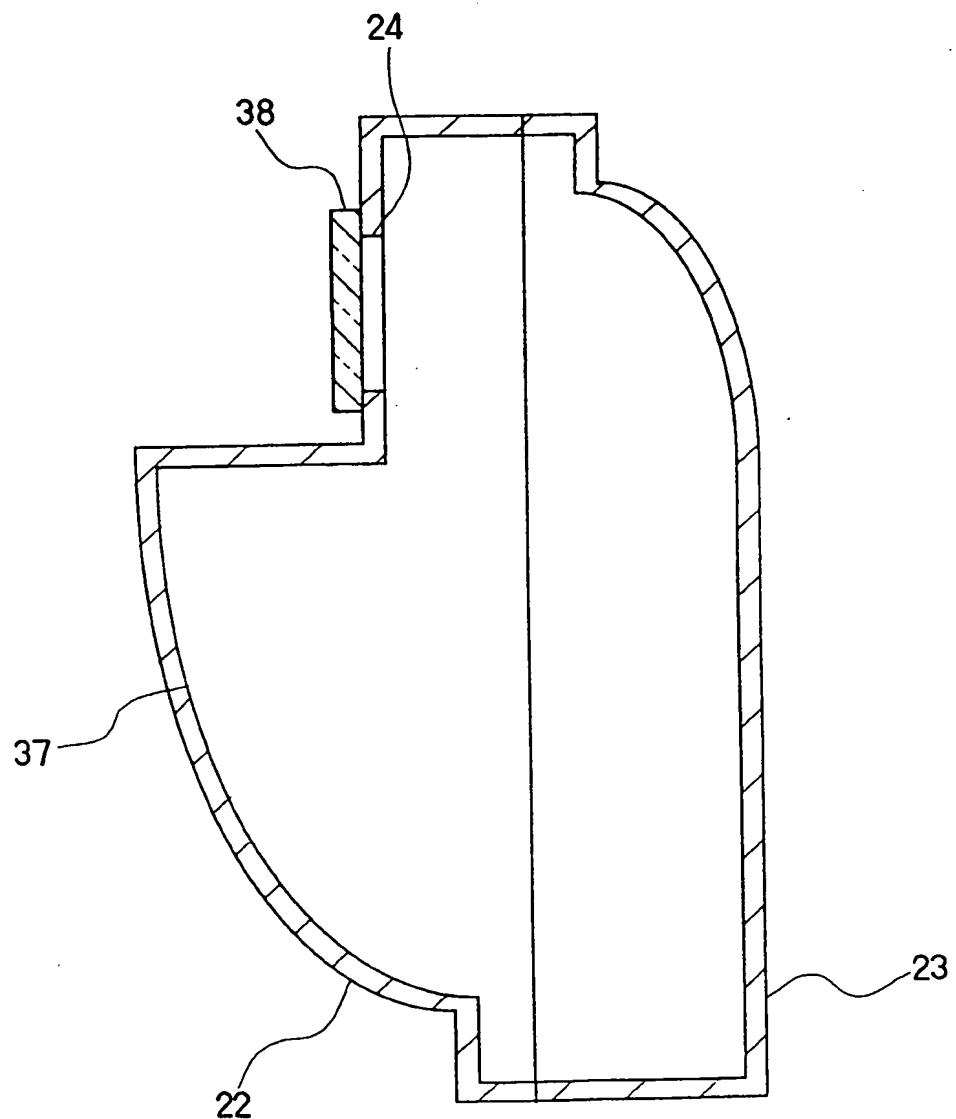


FIG. 27

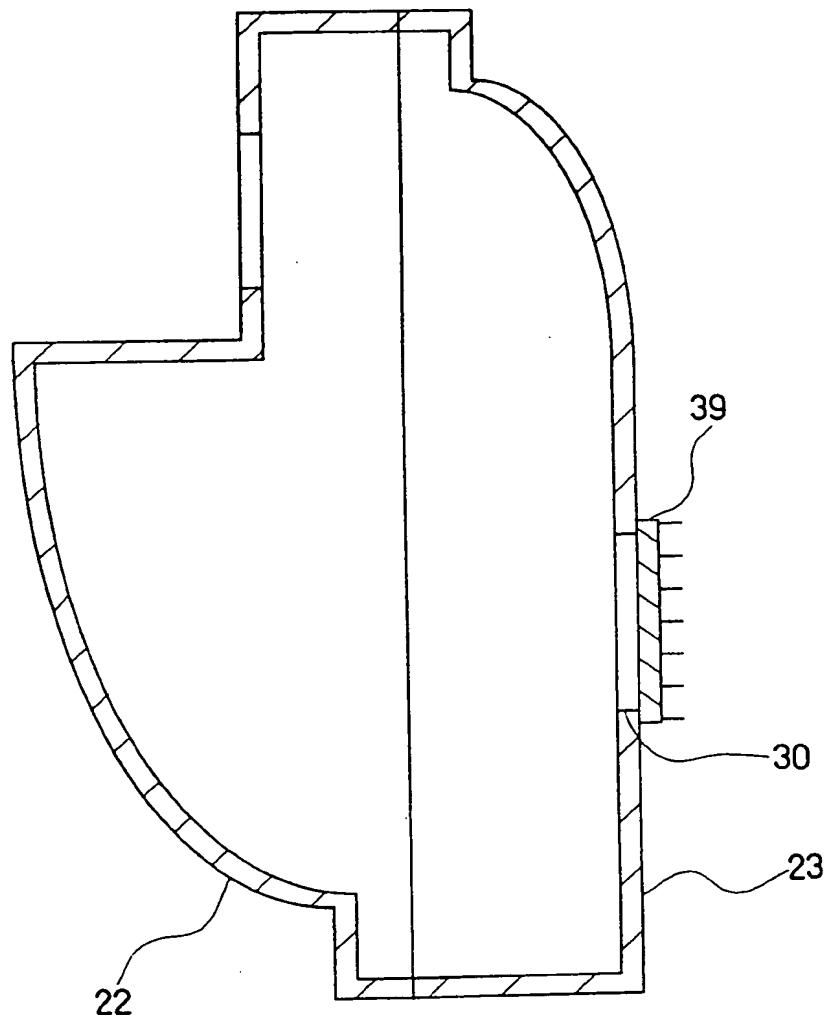


FIG. 28

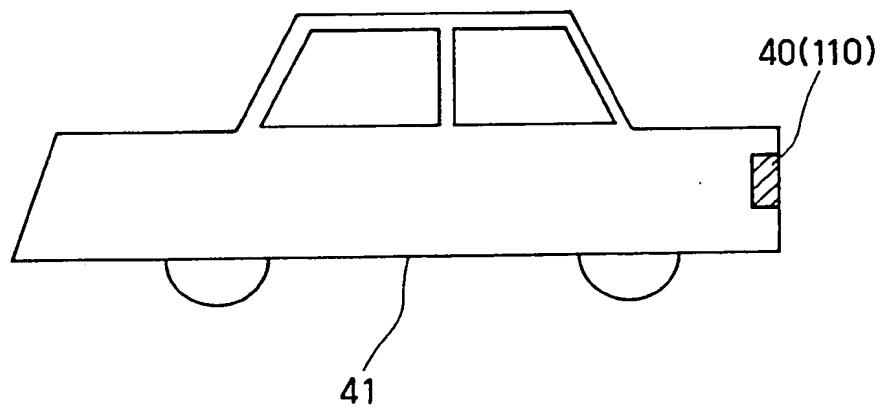


FIG. 29

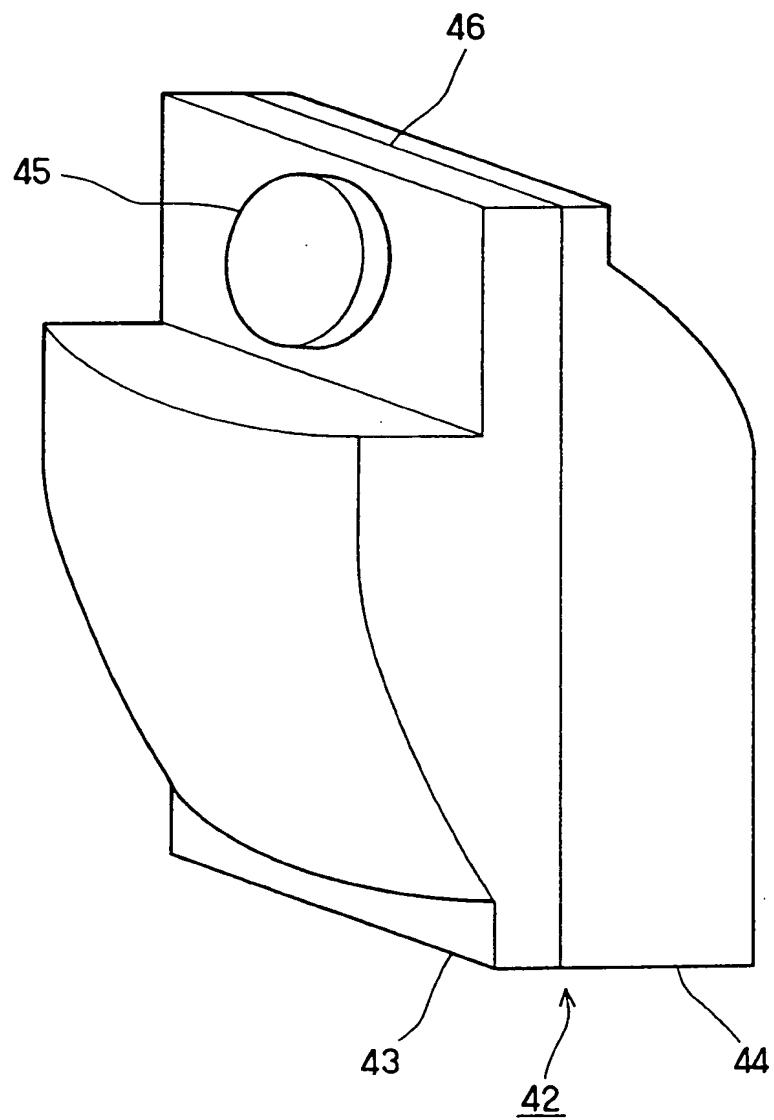


FIG. 30

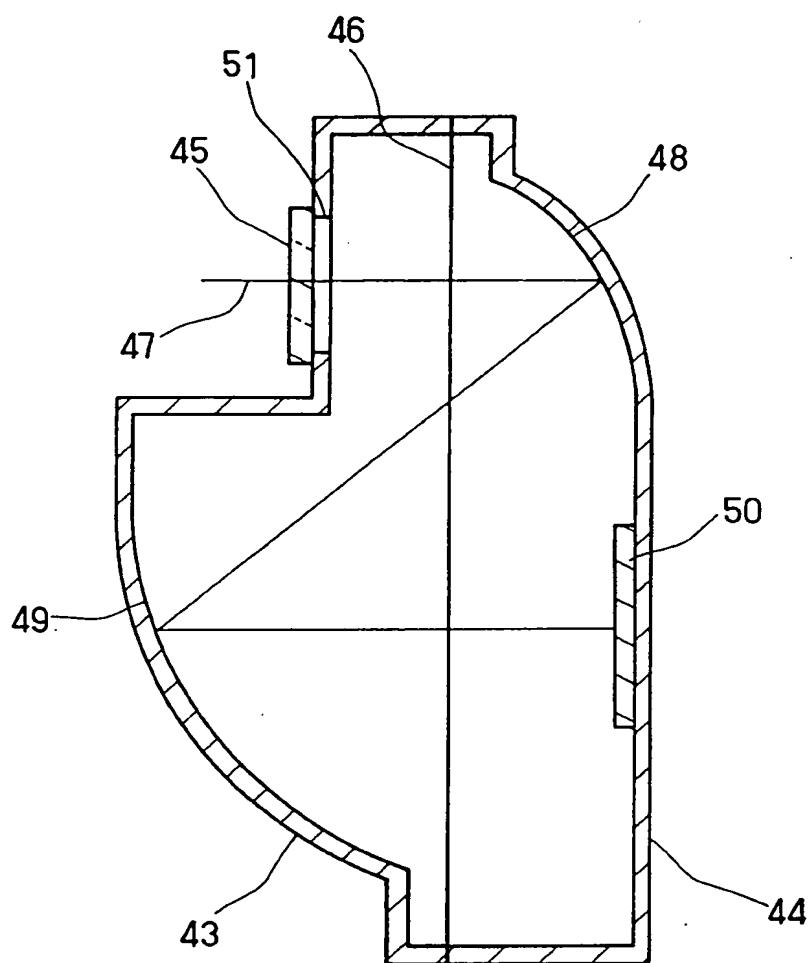


FIG. 31

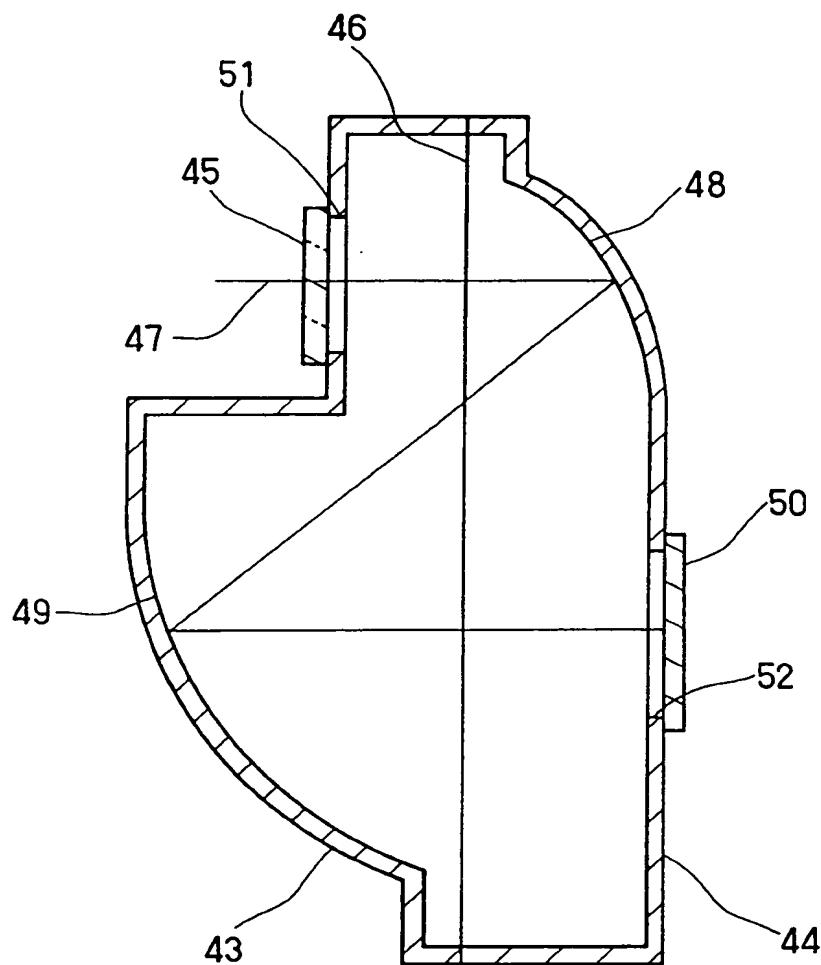


FIG. 32

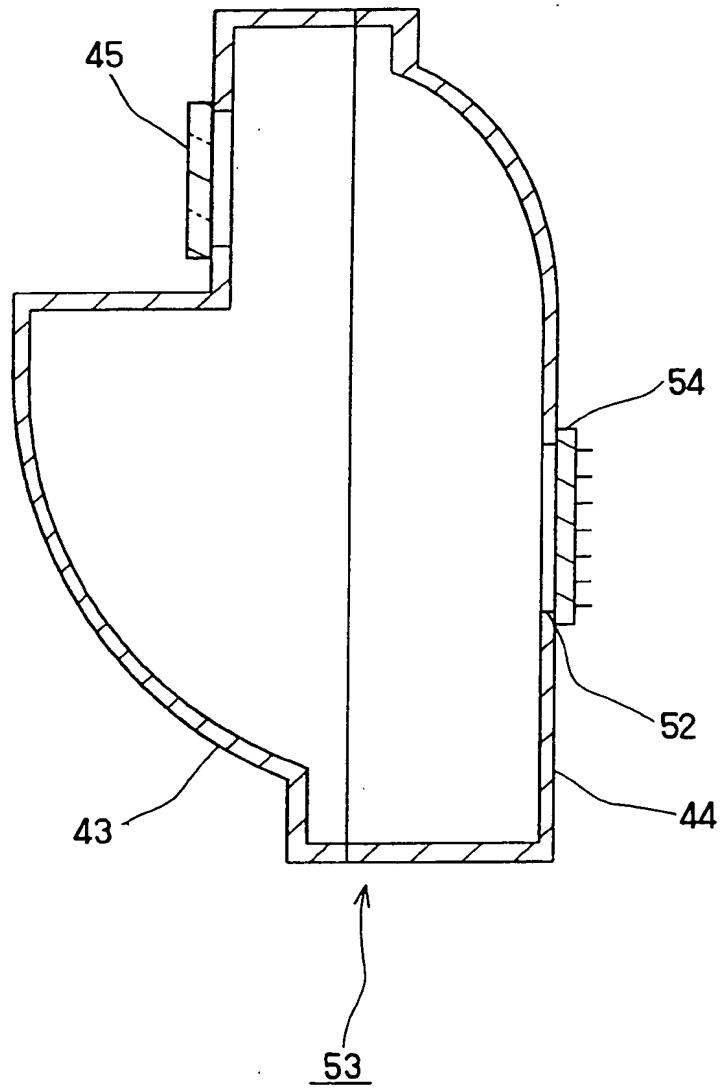


FIG. 33

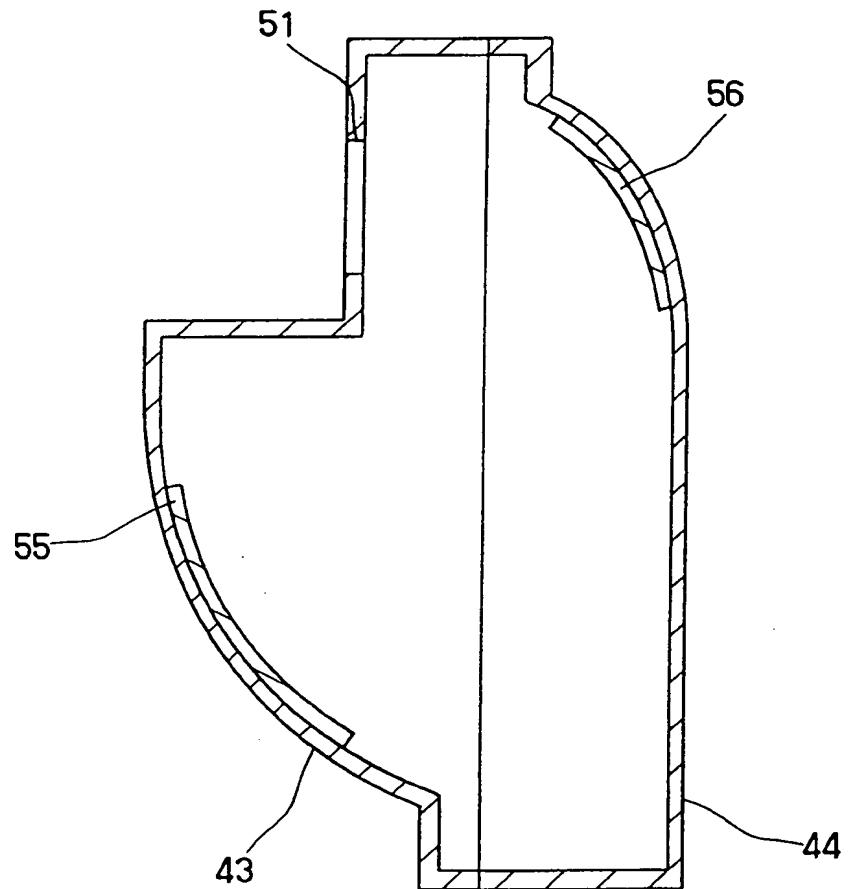


FIG. 34

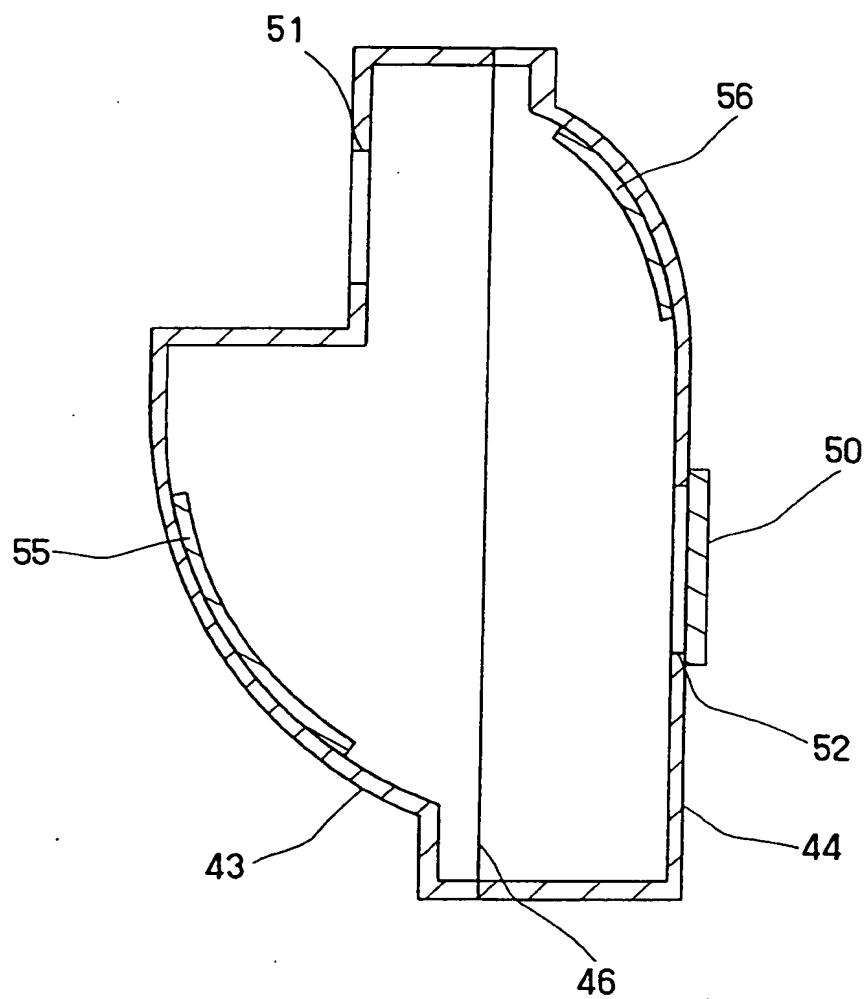


FIG. 35

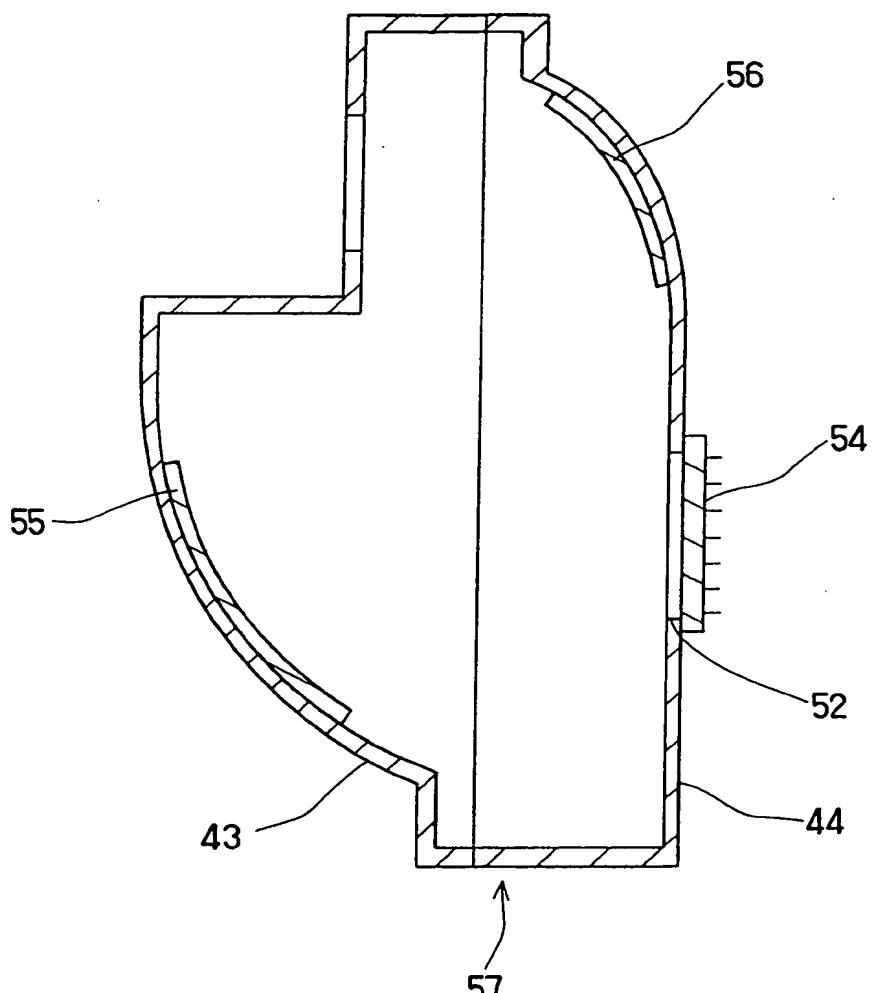


FIG. 36

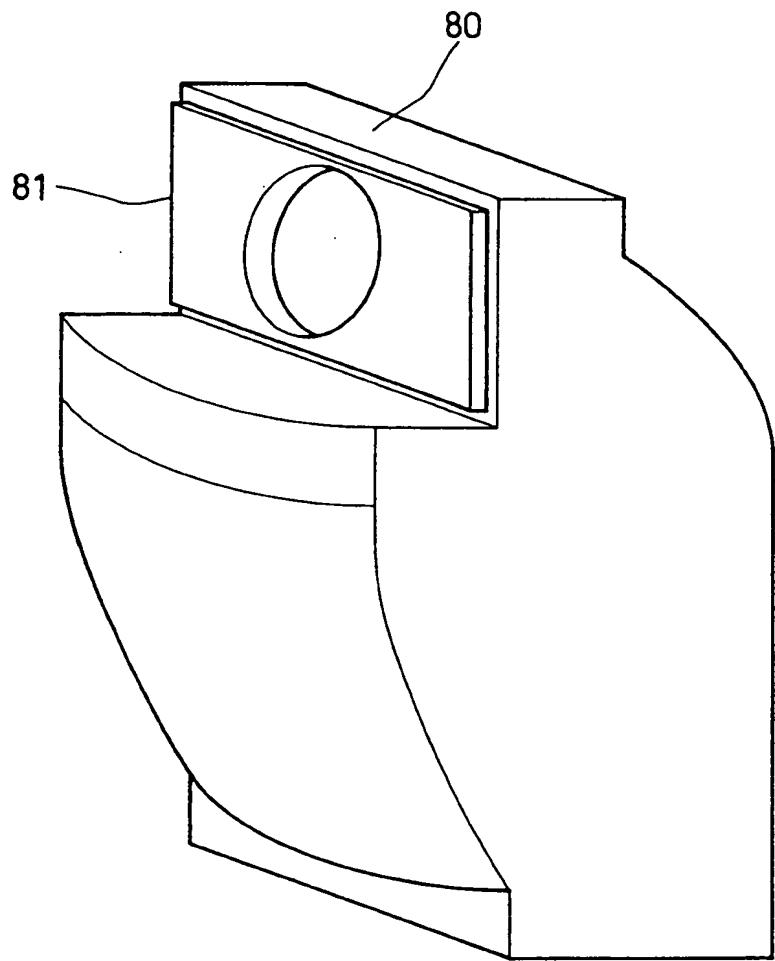


FIG. 37

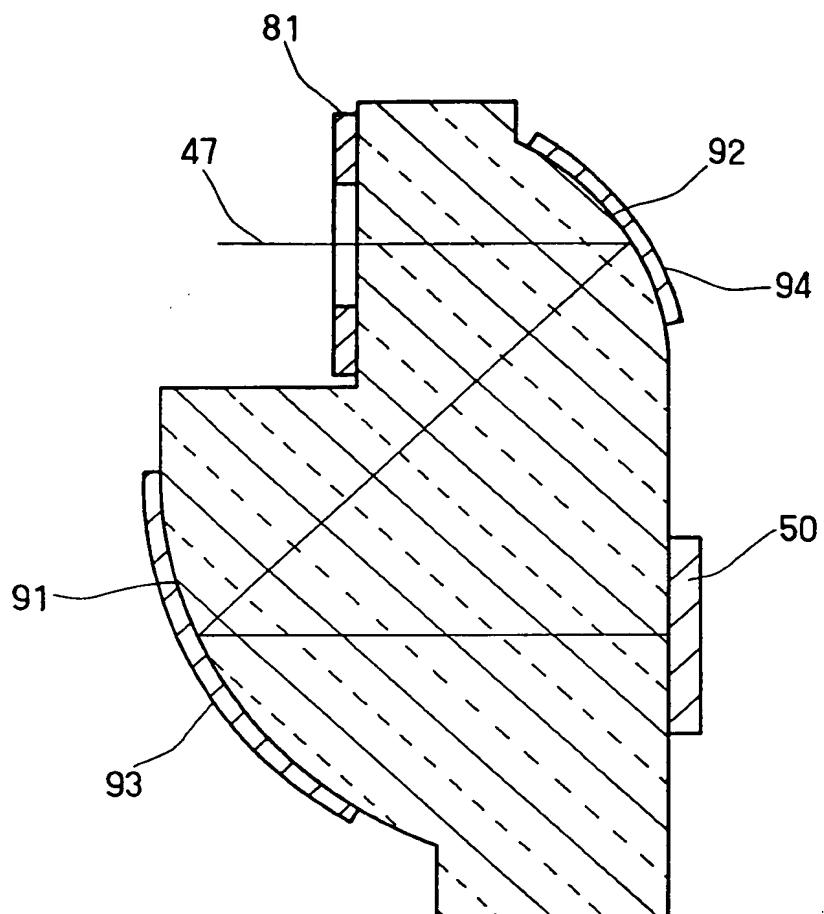


FIG. 38

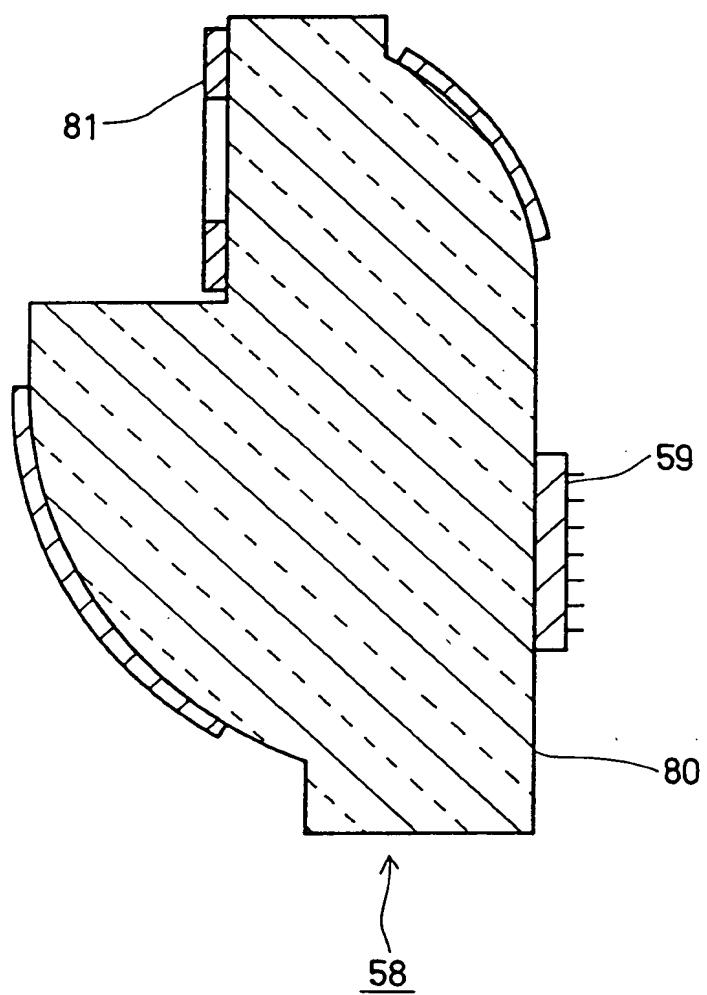


FIG. 39

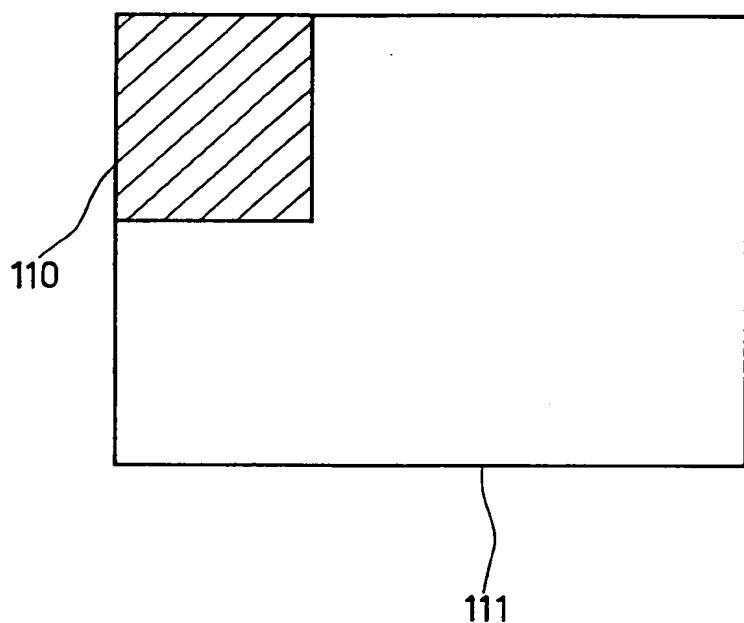


FIG. 40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/00728

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G02B17/00Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US, 4733955, A (HUGHES AIRCRAFT COMPANY), 29 March, 1988 (29.03.88), Full text; all drawings & JP, 63-503097, A Full text; all drawings & EP, 266393, A & WO, 87/06359, A & IL, 82044, A & DE, 3773114, G	1-94
Y	US, 4834517, A (HUGHES AIRCRAFT COMPANY), 30 May, 1989 (30.05.89), Full text; all drawings & JP, 1-502461, A Full text; all drawings & EP, 299011, A & WO, 88/05552, A & IL, 84824, A & DE, 3784500, G	1-94
	EP, 601871, A1 (HUGHES AIRCRAFT COMPANY), 15 June, 1994 (15.06.94), Full text; all drawings & JP, 6-273671, A	

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

• Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
24 May, 2000 (24.05.00)Date of mailing of the international search report
06 June, 2000 (06.06.00)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/00728

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Full text; all drawings & US, 5331470, A & CA, 2110968, A EP, 730169, A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA), 04 September, 1996 (04.09.96), Full text; all drawings & JP, 8-292371, A Y Full text; all drawings & US, 6021004, A & US, 5825560, A JP, 10-206986, A (TOPCON CORPORATION), 07 August, 1998 (07.08.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-94 1-94 32-94
X	EP, 732168, A2 (SMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LIMITED), 18 September, 1996 (18.09.96), Full text; all drawings & JP, 8-252683, A X Full text; all drawings Y Full text; all drawings & US, 5889626, A & SG, 47088, A1 JP, 5-288899, A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 05 November, 1993 (05.11.93), Full text; all drawings X Full text; all drawings Y Full text; all drawings (Family: none)	1-6 7-30, 43-76
Y	EP, 656552, A2 (HUGHES AIRCRAFT COMPANY), 07 June, 1995 (07.06.95), Full text; all drawings & JP, 7-253544, A Y Full text; all drawings & US, 5379157, A & CA, 2134382, A EP, 689075, A (HUGHES AIRCRAFT COMPANY), 27 December, 1995 (27.12.95), Full text; all drawings & JP, 8-50246, A Y Full text; all drawings & US, 6016220, A & US, 5550672, A & IL, 113789, A	11-14 15-30
Y	EP, 730183, A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA), 04 September, 1996 (04.09.96), Full text; all drawings & JP, 8-234137, A Y Full text; all drawings & US, 5706136, A	1-94 1-34
Y	JP, 54-42674, Y1 (Kabushiki kaisha Shimazu Seisakusho), 11 December, 1979 (11.12.79), Full text; all drawings (Family: none)	35-41
Y	EP, 25188, A (CERBERUS AG), 18 March, 1981 (18.03.81), Full text; all drawings & JP, 56-40807, A Y Full text; all drawings	1-7, 34-42

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/00728

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	& DE, 2951388, A & FR, 2465212, A & CH, 651941, A	
Y	JP, 62-164010, A (RICOH CO., LTD.), 20 July, 1987 (20.07.87), Full text; all drawings (Family: none)	1-94
Y	JP, 10-221603, A (CANON KABUSHIKI KAISHA), 21 August, 1998 (21.08.98), Full text; all drawings (Family: none)	35-42
Y	JP, 10-333040, A (OLYMPUS OPTICAL COMPANY LTD.), 18 December, 1998 (18.12.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-42, 77-94
Y	JP, 4-318697, A (SANYO ELECTRIC CO., LTD.), 10 November, 1992 (10.11.92), Full text; all drawings (Family: none)	35-42
Y	JP, 3-274971, A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION), 05 December, 1991 (05.12.91), Full text; all drawings (Family: none)	35-42
Y	JP, 3-125573, A (YOKOKAWA MEDICAL SYSTEMS LTD.), 28 May, 1991 (28.05.91), Full text; all drawings (Family: none)	35-42
P,Y	EP, 880032, A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO., LTD.), 25 November, 1998 (25.11.98), Full text; all drawings & JP, 11-41521, A Full text; all drawings	35-42
P,Y	JP, 11-132860, A (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO., LTD.), 21 May, 1999 (21.05.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-94
P,Y	JP, 11-168680, A (MITSUBISHI ELECTRIC CO., LTD.), 22 June, 1999 (22.06.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-94
P,X P,Y	EP, 921427, A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA), 09 June, 1999 (09.06.99), Full text; all drawings & JP, 11-231115, A Full text; all drawings Full text; all drawings	43-54 1-42, 55-94

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/00728

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/00728

Continuation of Box II. of continuation of first sheet(1)

The invention of claim 1 is described in publication 1: JP, 8-252683, A (Sumitomo Electric Industries, Limited), and hence the invention involves no "special technical feature" prescribed by PCT Rule 13.2, and does not fulfills the requirement of unity of invention with respect to the other independent claims.

The idea of providing at least three reflecting faces arranged eccentrically and having concave shapes is described in publication 2: JP, 5-288899, A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.) and therefore the "special technical feature" of the invention of claim 11 is so far (this holds for the following claims) only the matter concerning the F value.

The invention of claim 12 involves a "special technical feature" concerning only the F value.

The invention of claim 15 involves a "special technical feature" concerning only the shape of the cross section cut perpendicularly to the plane.

The invention of claim 35 involves no "special technical feature" because the invention is merely an aggregation of the inventions of the publications and sensing means.

The invention of claim 43 is described in publication 1 and involves no "special technical feature".

The "special technical feature" of the invention of claim 77 is all the matters stated in the claim so far.

The "special technical features" of the inventions of both claims 11 and 12 are the matters concerning the F value. However their preambles are different (claim 12 fails to include the constituent feature essential to claim 11). Therefore they do not fulfill the requirement of unity of invention.

As described above, the inventions of claims 1, 11, 12, 15, 35, 43, and 77 are different from one another. Only the inventions of claim 1 and the inventions of claim 2 to 10, 32 to 34, and 41 (only the claims referring to claim 1 out of claim 32 and the later claims) are so linked as to form a single general inventive concept.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPOO/00728

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' G02B17/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' G02B17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2000年

日本国登録実用新案公報 1994-2000年

日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	U.S. 4733955, A (HUGHES AIRCRAFT COMPANY) 29. 3月. 1988 (29. 03. 88) 全文、全図 & J P, 63-503097, A 全文、全図 & E P, 266393, A & W O, 87/06359, A & I L, 82044, A & D E, 3773114, G	1-94

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「I」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 05. 00

国際調査報告の発送日 06.06.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明

印

2V 9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	US, 4834517, A (HUGHES AIRCRAFT COMPANY) 30. 5月. 1989 (30. 05. 89) 全文、全図 &JP, 1-502461, A 全文、全図 &EP, 299011, A &WO, 88/05552, A &IL, 84824, A &DE, 3784500, G EP, 601871, A1 (HUGHES AIRCRAFT COMPANY) 15. 6月. 1994 (15. 06. 94) 全文、全図 &JP, 6-273671, A 全文、全図 &US, 5331470, A &CA, 2110968, A	1-94
Y	EP, 730169, A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 4. 9月. 1996 (04. 09. 96) 全文、全図 &JP, 8-292371, A 全文、全図 &US, 6021004, A &US, 5825560, A	1-94
Y	JP, 10-206986, A (株式会社トプコン) 7. 8月. 1998 (07. 08. 98) 全文、全図 (ファミリーなし)	32-94
X	EP, 732168, A2 (SMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LIMITED) 18. 9月. 1996 (18. 09. 96) 全文、全図 &JP, 8-252683, A 全文、全図 " &US, 5889626, A &SG, 47088, A1	1-6 7-30, 43-76
X Y	JP, 5-288899, A (石川島播磨重工業株式会社) 5. 11月. 1993 (05. 11. 93) 全文、全図 " (ファミリーなし)	11-14 15-30

C (続き) .	関連すると認められる文献	
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	<p>E P, 6 5 6 5 5 2, A 2 (HUGHES AIRCRAFT COMPANY) 7. 6月. 1995 (07. 06. 95)</p> <p>全文、全図 & J P, 7 - 2 5 3 5 4 4, A 全文、全図 & U S, 5 3 7 9 1 5 7, A & C A, 2 1 3 4 3 8 2, A</p> <p>E P, 6 8 9 0 7 5, A 1 (HUGHES AIRCRAFT COMPANY) 2 7. 12月. 1995 (27. 12. 95)</p> <p>全文、全図 & J P, 8 - 5 0 2 4 6, A 全文、全図 & U S, 6 0 1 6 2 2 0, A & U S, 5 5 5 0 6 7 2, A & I L, 1 1 3 7 8 9, A</p>	1-94
Y	<p>E P, 7 3 0 1 8 3, A 2 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 4. 9月. 1996 (04. 09. 96)</p> <p>全文、全図 & J P, 8 - 2 3 4 1 3 7, A 全文、全図 & U S, 5 7 0 6 1 3 6, A</p>	1-34
Y	<p>J P, 5 4 - 4 2 6 7 4, Y 1 (株式会社島津製作所) 1 1. 12月. 1979 (11. 12. 79)</p> <p>全文、全図 (ファミリーなし)</p>	35-41
Y	<p>E P, 2 5 1 8 8, A (CERBERUS AG) 1 8. 3月. 1981 (18. 03. 81)</p> <p>全文、全図 & J P, 5 6 - 4 0 8 0 7, A 全文、全図 & D E, 2 9 5 1 3 8 8, A & F R, 2 4 6 5 2 1 2, A & C H, 6 5 1 9 4 1, A</p>	1-7, 34-42
Y	<p>J P, 6 2 - 1 6 4 0 1 0, A (株式会社リュー) 2 0. 7月. 1987 (20. 07. 87)</p> <p>全文、全図 (ファミリーなし)</p>	1-94
Y	<p>J P, 1 0 - 2 2 1 6 0 3, A (キャノン株式会社) 2 1. 8月. 1998 (21. 08. 98)</p> <p>全文、全図 (ファミリーなし)</p>	35-42

C(続き) 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP, 10-333040, A (オリンパス光学工業株式会社) 18. 12月. 1998 (18. 12. 98) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-42, 77-94
Y	JP, 4-318697, A (三洋電機株式会社) 10. 11月. 1992 (10. 11. 92) 全文、全図 (ファミリーなし)	35-42
Y	JP, 3-274971, A (三菱電機株式会社) 5. 12月. 1991 (05. 12. 91) 全文、全図 (ファミリーなし)	35-42
Y	JP, 3-125573, A (横河メディカルシステム株式会社) 28. 5月. 1991 (28. 05. 91) 全文、全図 (ファミリーなし)	35-42
P, Y	EP, 880032, A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD) 25. 11月. 1998 (25. 11. 98) 全文、全図 & JP, 11-41521, A 全文、全図	35-42
P, Y	JP, 11-132860, A (松下電器産業株式会社) 21. 5月. 1999 (21. 05. 99) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-94
P, Y	JP, 11-168680, A (松下電器産業株式会社) 22. 6月. 1999 (22. 06. 99) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-94
P, X P, Y	EP, 921427, A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 9. 6月. 1999 (09. 06. 99) 全文、全図 & JP, 11-231115, A 全文、全図 "	43-54 1-42, 55-94

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP00/00728

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US, 5841574, A (RECON/OPTICAL, INC.) 24. 11月. 1998 (24. 11. 98) 全文、全図 &WO, 98/00743, A1 &AU, 9733749, A	35-42

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

特別ページ 第II欄続きを参照

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかつた。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかつたので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかつたので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあつた。
 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかつた。

第Ⅱ欄の続き

請求項1記載の発明は、刊行物1：JP, 8-252683, A（住友電気工業株式会社）に記載されているから、当該発明は、PCT規則13.2でいうところの「特別の技術的特徴」を有さないので、他の独立請求項記載の発明に対して発明の単一性を満足しない。

少なくとも3面の反射面を有し、各反射面を偏芯して配置させ、反射面を凹形状とする点は、刊行物2：JP, 5-288899, A（石川島播磨重工業株式会社）に記載されているから、現段階において（以下の請求項に対するものも同様）、請求項11記載の発明の「特別の技術的特徴」は、F値に関する点のみである。

請求項12記載の発明は、F値に関する点のみが「特別の技術的特徴」である。

請求項15記載の発明は、平面に垂直な方向における断面形状のみが「特別の技術的特徴」である。

請求項35記載の発明は、上記刊行物記載の発明において、単に検出手段を設けたものにすぎないから、「特別の技術的特徴」は存在しない。

請求項43記載の発明は、刊行物1に記載されているから、「特別の技術的特徴」は存在しない。

請求項77記載の発明の「特別の技術的特徴」は、現段階においては、請求項に記載された事項すべてである。

請求項11と12の関係について、双方とも「特別の技術的特徴」は、F値に関する点のみであるが、これらの発明はその前提が異なる（請求項12には、請求項11において必須とされる構成要件が欠如している）ため、やはり、発明の単一性があるとは認められない。

以上の通りであるから、請求項1, 11, 12, 15, 35, 43, 77はそれぞれ別発明を構成する。請求項1と発明の単一性の関係があるのは、請求項2～10, 32～34, 41である（請求項32以降については、請求項1を引用している部分のみ）。